

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



AGREGAÇÃO DE DADOS COM A METÁFORA DA ROSA DOS VENTOS

Mestrado em Engenharia Informática
Especialização em Sistemas de Informação

Mauro André Chande Carreira

Trabalho de Projeto orientado por:
Professor Doutor António Manuel Silva Ferreira
Professora Doutora Ana Paula Pereira Afonso

2017

Resumo

A rosa dos ventos é um tipo de gráfico radial muito usado em meteorologia para representar ventos dominantes num dado local, agregando múltiplos registos de velocidade e direção recolhidos ao longo de um período de tempo, por exemplo num ano.

Neste trabalho, a rosa dos ventos é utilizada para representar dados agregados relacionados com trajetos pessoais, sendo que um trajeto é uma sequência de pontos geográficos que possuem uma data, hora e velocidade instantânea. Este projeto foi dividido em três objetivos: a criação de uma biblioteca que permite criar rosas dos ventos; a criação de uma aplicação que permite representar dados de trajetos pessoais; e testes com utilizadores.

A biblioteca rosa dos ventos foi criada de forma a que haja bastante controlo sobre o desenho de uma rosa dos ventos e dos possíveis elementos circundantes da mesma.

A aplicação rosa dos ventos, permite a visualização de trajetos num mapa e possibilita a interação com esses trajetos, estes são suscetíveis ao clique sendo esta a interação que despoleta a criação de um gráfico rosa dos ventos que representa informação relacionada com o ponto geográfico clicado. Assim, a rosa gerada mostra as direções dos trajetos que cruzam uma região circular centrada nesse ponto. A rosa também permite ver qual a origem e o destino dos trajetos, recorrendo a setas em redor do gráfico. É possível alterar o raio de agregação de uma rosa e o período de agregação mostrando, por exemplo, apenas trajetos efetuados de manhã. Finalmente, é possível ter mais que uma rosa dos ventos no ecrã, permitindo a comparação de gráficos.

Foram realizados testes com utilizadores, tendo para tal sido criada uma aplicação para recolher dados da sua prestação. Os resultados indicam que os erros foram quase inexistentes e os tempos de resposta tiveram uma mediana de 18 segundos. Pode, portanto, considerar-se que a rosa dos ventos, no contexto de interpretação de trajetos num mapa, possui um nível de complexidade de leitura baixo, pelo que se considera que pode ser útil na análise de cenários semelhantes e no apoio à decisão.

Palavras-chave: sistemas de informação, visualização analítica, rosa dos ventos.

Abstract

The windrose is a radial chart that is widely used in meteorology to show the dominant winds in some place, by aggregating multiple registers of speed and direction recorded during some time period, e.g., a year.

This project's main idea is to use windroses in the representation of aggregated data associated with personal tracks, keeping in mind that a track is a set of points which have a date, hour and instant speed. The project was divided into three objectives: the creation of a library that enables the creation of windroses; the creation of an app that enables the representation of personal tracks; and user tests.

The windrose library was created in order to have control of all drawing aspects of a windrose chart including the addition of elements surrounding the windrose.

The windrose app enables the visualization of tracks in a map and also enables interaction with those tracks, meaning that, after the tracks have been drawn on a map, they are clickable, and when clicked in any point, a windrose is generated. This way, when a track is clicked, the generated windrose shows information regarding a circular area around that point defined by the user. The windroses generated by the click also allow to understand what is the origin of the whole tracks as well as their destination. It is also possible to change the aggregation radius and the aggregation period (periods of the day, like, morning, afternoon, evening and night). Ultimately, it is possible to have more than one windrose on screen, allowing for an easy comparison of data.

To understand if the environment created by the app, i.e., the map and windroses are or not easy to comprehend, some user tests took place. It was created another app, which allows to get user performance data. Either individually or when in groups by age or gender, the results show that the errors were almost inexistent and the response times had a median of 18 seconds. This suggests that the windrose, in the context of interpretation of tracks in a map, has a low level of complexity, which makes the windrose a viable option for the analysis of similar scenarios and in decision making contexts.

Keywords: information systems, visual analytics, windrose.

Agradecimentos

Quero agradecer ao meu Pai e à minha Mãe, por me proporcionarem esta possibilidade, mesmo que para tal tivessem de ter abdicado de algo extremamente valioso, para sempre serei grato e não será esquecido.

Agradeço à Ana Mota, muito importante ao longo de uma parte crucial do meu percurso. Por todo o apoio, sempre, obrigado.

Agradeço à Nani, ao Papi, à Iva, à Ju e também à minha Avó por sempre me terem apoiado em tudo o que necessitei ao longo do meu percurso académico e da minha vida em geral.

Agradeço aos meus amigos que me acompanham ao longo da vida.

Agradeço também às pessoas que conheci na FCUL, Artur, Andreia, Bruno Fernandes, Tiago Caetano, Esteves, Sá, Marquito, Miguel Maneca, Bernardo Rodrigues, pelos momentos passados em conjunto.

Quero ainda agradecer aos meus professores e orientadores, Professor Doutor António Ferreira e Professora Doutora Ana Paula Afonso, pois sempre me ajudaram em tudo o que precisei, pela sua motivação e disponibilidade, muito obrigado.

Para os meus pais.

Conteúdo

Lista de figuras	xiii
Lista de tabelas	xv
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Planeamento e execução	4
1.4 Contribuições	5
1.5 Notação	6
1.6 Organização do documento	6
Capítulo 2 Conceitos e trabalho relacionado	9
2.1 Conceitos	9
2.1.1 Rosa dos ventos	9
2.1.2 Dados espaciotemporais	11
2.1.3 Agregação de dados	13
2.1.4 Agregação de dados espaciotemporais	14
2.1.5 Utilização da rosa dos ventos na agregação de dados	14
2.2 Trabalho relacionado	16
2.2.1 Ferramentas	16
2.2.2 Bibliotecas	18
Capítulo 3 Trabalho realizado	21
3.1 Ambiente de desenvolvimento	21
3.1.1 Ferramentas e tecnologias de desenvolvimento de <i>software</i>	21
3.1.2 Processo de desenvolvimento de <i>software</i>	23
3.1.3 Interpretação da rosa dos ventos gerada pela biblioteca	23
3.2 Biblioteca rosa dos ventos	25
3.2.1 Classe Wind	25
3.2.2 Criação da rosa dos ventos passo a passo e detalhe das funções	26

3.2.3	Criação da rosa dos ventos usando a função <i>create</i>	36
3.2.4	Funções jQuery	37
3.3	Aplicação rosa dos ventos.....	37
3.3.1	Componentes da aplicação rosa dos ventos	37
3.3.2	Funcionamento da aplicação rosa dos ventos	39
3.3.3	Funcionamento interno da rosa dos ventos	50
Capítulo 4	Testes com utilizadores.....	53
4.1.1	Aplicação de testes rosa dos ventos	53
4.1.2	Participantes	55
4.1.3	Aparato	55
4.1.4	Tarefas	56
4.1.5	Design.....	56
4.1.6	Procedimento.....	57
4.1.7	Resultados	57
4.1.8	Discussão.....	63
Capítulo 5	Conclusão	65
5.1	Principais contribuições	65
5.2	Dificuldades e limitações	66
5.3	Competências adquiridas	66
5.4	Trabalho futuro	67
Bibliografia	69
Anexos	73
Anexo 1 – Questionário inicial	73

Lista de figuras

Figura 1 - Rosa dos ventos no aeroporto da Portela, Lisboa 2016 [3]	10
Figura 2 - Exemplo do formato de dados GPX.....	12
Figura 3 - Mapa estático 2D [5]	13
Figura 4 - Rosa dos ventos das direções e distâncias percorridas por bandos de gansos do Canadá no Arkansas de 2001 a 2011 [8]	15
Figura 5 – Rosa dos ventos sobre assaltos à mão armada em Pittsburgh [9].....	16
Figura 6 - Rosa dos ventos gerada no programa WRPLOT [10].....	17
Figura 7 - Rosa dos ventos sem botões programáveis	24
Figura 8 - Rosa dos ventos com botões programáveis.....	24
Figura 9 - Grelha da rosa dos ventos.....	27
Figura 10 - Pétala da rosa dos ventos.....	28
Figura 11 - Rosa dos ventos com a legenda e o título.....	30
Figura 12 - Rosa dos ventos com as setas direcionais em seu redor.....	31
Figura 13 - Rosa dos ventos com legenda e filtros	34
Figura 14 - Diagrama da arquitetura da aplicação rosa dos ventos.....	38
Figura 15 - Mapa utilizado na aplicação rosa dos ventos com trajetos marcados	39
Figura 16 – Cenário após o clique num ponto de um trajeto	44
Figura 17 - Rosa dos ventos com raio e agregação de 200m	45
Figura 18 - Rosa dos ventos com a direção da pétala diferente da direção da seta de origem.....	47
Figura 19 - Rosa dos ventos sem o filtro no período entre as 00h e as 6h.....	48
Figura 20 - Rosa dos ventos sem o filtro nos períodos entre as 00h e as 6h e entre as 12h e as 18h.....	48
Figura 21 - Rosa dos ventos sem os períodos da madrugada, tarde e noite	49
Figura 22 - Múltiplas rosas dos ventos no mesmo mapa	50
Figura 23- Fluxograma da lógica da aplicação rosa dos ventos.....	52
Figura 24 - Botão que permite iniciar o teste na aplicação de testes	53
Figura 25 - Exemplo de uma questão da aplicação de testes rosa dos ventos	54
Figura 26 - Exemplo de uma questão da aplicação de testes rosa dos ventos igual à da Figura 25 com uma rosa dos ventos diferente	54

Figura 27 - Recolha de dados na aplicação de testes	55
Figura 28 – Tempo de resposta às questões tendo em conta a ordem pela qual foram definidas	58
Figura 29 – Tempos de resposta às questões tendo em conta a ordem pela qual foram apresentadas	58
Figura 30 - Duração do teste por participante	59
Figura 31 – Tempos de resposta por faixa etária	59
Figura 32 - Tempos de resposta tendo em conta a experiência na leitura de mapas	60
Figura 33 - Tempos de resposta às questões por contacto prévio com a rosa dos ventos.....	60
Figura 34 – Número de erros por questão	61
Figura 35 - Número de erros por utilizador	61
Figura 36 – Quantidade de erros por utilizador agrupados pela faixa etária	62
Figura 37 - Quantidade de erros por utilizador tendo em conta a sua experiência a ler mapas.....	62
Figura 38 - Quantidade de erros por utilizador tendo em conta o seu contacto prévio com a rosa dos ventos.....	63

Lista de tabelas

Tabela 1 – Datas da execução do projeto.....	4
--	---

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo é apresentada uma introdução sobre os temas abordados neste relatório, bem como os motivos que levaram à criação deste projeto. De seguida, são abordados os objetivos do trabalho realizado. Por último, são descritos aspetos referentes à notação adotada no documento e à organização do mesmo.

1.1 Motivação

Hoje em dia é comum para as entidades que possuem uma quantidade considerável de dados, sentirem a necessidade de os agregar/sumarizar. Ao agregar dados, a análise dos mesmos torna-se simplificada ou até mesmo possível.

Os dados agregados possibilitam a descoberta de padrões e tendências. Por exemplo, tendo dados sobre os trajetos das pessoas que entram e saem de uma cidade, em hora de ponta, é difícil analisar o que estes possam significar sem os agregar, devido à sobreposição de dados. A agregação dos dados sobre trajetos permite analisar qual a tendência das pessoas na hora de ponta matutina e na hora de ponta vespertina, em particular para compreender se há uma tendência para entrar ou sair da cidade.

A informação gerada pela agregação de dados é bastante útil no apoio à decisão e pode ser representada de várias formas, normalmente através de gráficos. O modo como a informação é representada tem um papel importante, pois se a representação não é clara para quem analisa os dados, a utilidade da mesma será reduzida.

Um dos métodos de representação de dados agregados é um gráfico radial com o nome de rosa dos ventos [1]. Este tipo de gráfico é muito utilizado para a representação de dados agregados com propriedades como velocidade, direção e a frequência de ocorrência de um evento. Uma das suas aplicações mais comuns é a representação de ventos dominantes, permitindo, por exemplo, analisar a movimentação de partículas que se deslocam pelo ar podendo servir para perceber a origem de matéria poluente [2].

O propósito deste trabalho foi utilizar esta metáfora na agregação de outro tipo de dados que não ventos, com o objetivo de retirar conclusões acerca da sua utilidade no

apoio à decisão e na análise de tendências e padrões, tendo sido escolhidos dados sobre trajetos pessoais. A agregação de dados deste tipo é útil pois permite, por exemplo, ter a percepção de problemas relacionados com um grande fluxo de pessoas numa determinada direção, num determinado período de tempo, e com uma certa velocidade, ou seja, facilita a leitura da situação.

Foi também decidido aumentar a informação presente na rosa dos ventos tradicional, tendo para tal, sido adicionadas setas em redor do gráfico, que indicam a origem e o destino dos trajetos completos, assim como, a sua velocidade média.

1.2 Objetivos

Com vista a compreender se a rosa dos ventos tem utilidade na análise de dados de trajetos, este trabalho foi dividido em 3 objetivos, os quais são enumerados a seguir:

1. Biblioteca para gerar gráficos do tipo rosa dos ventos.
2. Aplicação que permite visualizar trajetos num mapa e que possibilita a criação de rosas dos ventos em pontos escolhidos de um trajeto.
3. Testes com utilizadores, com a criação de uma aplicação de testes que permite recolher dados sobre o desempenho dos participantes.

Em seguida os objetivos são explicados, de maneira a especificar, com um pouco mais de detalhe, no que realmente consistiu cada um deles:

Objetivo 1: Biblioteca rosa dos ventos

Este primeiro objetivo nasceu devido a não terem sido encontradas soluções *open source* que oferecessem a liberdade desejada para o desenho gráfico e manipulação da rosa dos ventos. Uma das necessidades da rosa dos ventos, no contexto deste projeto, era ser interativa e ter a capacidade de responder a alterações no período do dia que está a ser analisado ou a alterações no raio de agregação (medida limite até onde se consideram dados para agregação). Havia também a necessidade de poder alterar o desenho gráfico, de forma a poderem ser adicionados elementos informativos não tradicionais. Esta biblioteca oferece, assim, a liberdade de desenho gráfico desejada e, apesar de ter sido concebida para mapas *web* e com o contexto de trajetos pessoais em

mente, esta biblioteca pode ser utilizada com qualquer outro tipo de dados passíveis de representação numa rosa dos ventos.

A biblioteca foi desenvolvida em JavaScript e suporta dois modos de criação: é possível gerar uma rosa dos ventos completa criando um objeto do tipo *Windrose*, chamando uma função de criação que recebe um conjunto de argumentos os quais permitem a criação da rosa; ou a rosa pode ser construída de raiz, passo a passo, isto é, pode começar-se por chamar uma função que cria uma área de desenho, em seguida outra função que cria a grelha da rosa dos ventos, as suas pétalas, o rodapé, os botões e o *layout* (incluindo o título e legendas).

Objetivo 2: Aplicação rosa dos ventos

O segundo objetivo proposto foi a criação de uma aplicação que permita a leitura de dados espaciotemporais, com o intuito de os agregar e representar através de gráficos rosa dos ventos. Neste caso, os dados utilizados estão relacionados com trajetos pessoais, desenhados sobre um mapa em *browser web*.

Os trajetos desenhados são interativos (respondem ao clique), permitindo criar uma rosa dos ventos associada ao ponto clicado. Esta rosa é desenhada sobre o mapa, com uma certa transparência para que o mapa continue visível.

É possível criar várias rosas dos ventos sobre o mesmo mapa, podendo estas ser deslocadas de forma a permitir colocá-las em posições mais adequadas para comparação de gráficos.

No mapa, nos pontos dos trajetos que foram clicados, são criados marcadores com um número que corresponde ao número da rosa criada, permitindo fornecer informação sobre o marcador associado a uma rosa.

Objetivo 3: Testes com utilizadores

O terceiro objetivo serviu para recolher dados sobre o desempenho de utilizadores na utilização da rosa dos ventos, com o intuito de tentar compreender se este tipo de gráfico pode ser lido em tempo útil de forma a ser útil no apoio à decisão.

Para este objetivo, foi criada uma aplicação de testes, que preserva o contexto da aplicação rosa dos ventos, isto é, um mapa *web* onde são desenhados trajetos, mas que inclui situações para análise. Através de cliques de rato, os participantes do teste

responderam a questões, tendo sido guardados o número de erros e o tempo demorado a responder a cada questão.

1.3 Planeamento e execução

Na Tabela 1 está descrito o planeamento deste PEI, dividido por tarefas e as suas correspondentes sub-tarefas. As tarefas estão ordenadas cronologicamente, como se pode verificar pelas datas de início e de fim.

Tabela 1 – Datas da execução do projeto

Tarefa	Descrição	Início	Fim
1	Análise	10/2015	11/2015
1.1	Compreender o funcionamento de uma rosa dos ventos.		
1.2	Perceber quais os componentes de uma rosa dos ventos.		
1.3	Compreender onde são utilizadas as rosas dos ventos.		
1.4	Ver o funcionamento das ferramentas já existentes.		
1.5	Pesquisa de bibliotecas.		
2	Relatório preliminar	12/2015	12/2015
2.1	Escrita e entrega do relatório preliminar.		
3	Desenvolvimento	1/2016	7/2016
3.1	Aprendizagem da linguagem de programação <i>JavaScript</i> .		
3.2	Desenvolvimento da biblioteca que permite gerar rosas dos ventos.		
3.3	Desenvolvimento da aplicação que permite agregar dados sobre trajetos.		
3.4	Desenvolvimento da aplicação de testes.		
4	Testes com utilizadores	8/2016	9/2016
4.1	Testes com utilizadores com o intuito de tirar conclusões quanto à compreensão do contexto criado, i.e., a dificuldade/facilidade de perceber o que o		

	gráfico está a representar.		
5	Relatório final	9/2016	7/2017
5.1	Escrita e entrega do relatório final.		

A execução não correu conforme o planeado devido ao facto de não ter tido aproveitamento numa disciplina do primeiro semestre, tendo havido a necessidade de fazer um exame em julho e, consequentemente, colocar os trabalhos da dissertação em espera de forma a estudar para o exame. As dificuldades sentidas na utilização das ferramentas para a análise dos dados e o facto de ser trabalhador estudante também contribuíram para o adiamento da entrega do relatório final.

1.4 Contribuições

A contribuição dada no objetivo 1 prende-se com a criação de uma biblioteca que permite criar rosas dos ventos e manipular múltiplos aspetos do seu desenho, tendo como requisitos a definição da escala numérica e de cores correspondentes, e um formato de dados que deverá ser respeitado, sendo este, um vetor com objetos do tipo (direção, velocidade), indicando em que direção se encontra a origem do trajeto entre 0° e 360°; e onde a velocidade representa a velocidade média do trajeto. Portanto, a biblioteca recebe os dados (direções e velocidades) pré-processados, desenha as pétalas da rosa, tendo em conta as direções recebidas e pinta as pétalas de acordo com o resultado da verificação do enquadramento das velocidades recebidas e da escala definida. Esta biblioteca pode ser utilizada tanto com mapas *web*, como foi neste projeto, como noutros contextos. Um programador com a necessidade de uma biblioteca que permita desenhar rosas dos ventos em variados contextos, pode fazê-lo com esta, pois apesar de ter sido desenhada para ser utilizada na aplicação do objetivo 2 foi mantida a separação entre a biblioteca e a aplicação de modo a que a primeira parte seja apenas responsável pelo desenho e a segunda parte pela recolha, processamento e transformação dos dados em objetos com direção e velocidade como propriedades. Esta separação permite também, caso seja necessário, alterar o do código da aplicação ou da biblioteca de forma mais objetiva.

No objetivo 2 cumpriu-se o propósito de poder visualizar trajetos pessoais, apresentando-os num mapa e em gráficos de rosa dos ventos, para tal foi utilizado um

ficheiro com trajetos realizados a pé recolhidos através da aplicação móvel *Pocket Earth*, instalada num dispositivo iOS.

Nesta aplicação podem filtrar-se os dados consoante períodos do dia e comparar duas ou mais rosas dos ventos que agregam dados de pontos diferentes, bem como visualizar o raio de agregação de uma rosa, isto é, a área que contém os pontos que são agregados para serem representados na rosa. A aplicação criada para este objetivo é também responsável pela definição da escala e das cores correspondentes a cada intervalo de velocidades, pelo processamento dos dados (latitude, longitude, velocidade instantânea, data e hora) em bruto e pela sua transformação para o formato (direção, velocidade) que a biblioteca necessita, de forma a desenhar uma rosa.

A contribuição do objetivo 3 está relacionada com as conclusões tiradas após a análise dos dados que foram obtidos nos testes com utilizadores. Através destes testes foi possível obter o número de erros e o tempo demorado a responder a algumas questões, relacionadas não só com um gráfico rosa dos ventos, mas também, em particular, com a rosa dos ventos criada para esta aplicação a qual possui informação extra (como as setas de origem e destino), em comparação com a rosa tradicional.

1.5 Notação

O idioma escolhido para a escrita desta dissertação foi o português. Todas as palavras noutra língua estão em itálico. O código de computador tem a fonte *Courier New*.

1.6 Organização do documento

O documento está organizado em quatro capítulos, sendo eles os seguintes:

No Capítulo 1 foram dados a conhecer a motivação, os objetivos do trabalho, o planeamento e execução do projeto, as contribuições, a notação adotada e a organização do documento.

No Capítulo 2 são definidos os conceitos de rosa dos ventos, de dados espaciotemporais, de agregação de dados, de agregação de dados espaciotemporais e usos da rosa dos ventos na agregação de dados. É, ainda, apresentada uma secção de trabalho relacionado, onde é feita uma discussão das tecnologias investigadas durante o período de pesquisa de ferramentas e bibliotecas.

O Capítulo 3 descreve o trabalho realizado para atingir os objetivos 1 e 2.

O Capítulo 4 é dedicado ao objetivo 3, ou seja, os testes com utilizadores.

O Capítulo 5 é dedicado à conclusão, principais contribuições, competências adquiridas, dificuldades encontradas e trabalho futuro.

Capítulo 2

Conceitos e trabalho relacionado

Neste capítulo são explicados alguns conceitos, em primeiro lugar, sobre a rosa dos ventos, em seguida, sobre dados espaciotemporais, agregação de dados, agregação de dados espaciotemporais e usos da rosa dos ventos na agregação de dados. Adicionalmente, este capítulo contém uma secção dedicada ao trabalho relacionado, onde é abordada uma ferramenta utilizada na criação de rosas dos ventos, com o seu foco em ventos dominantes, e onde são mencionadas bibliotecas analisadas numa fase inicial, para avaliar a possibilidade de servirem de base à construção da aplicação rosa dos ventos. Esta possibilidade não se verificou numa fase posterior, e foi identificada a necessidade de desenvolvimento de uma biblioteca própria. As bibliotecas pesquisadas serviram, porém de inspiração para a criação da biblioteca apresentada neste trabalho.

2.1 Conceitos

Nesta secção são apresentados os conceitos de rosa dos ventos, dados espaciotemporais, agregação de dados, agregação de dados espaciotemporais, e a utilização da rosa dos ventos como gráfico que representa dados agregados.

2.1.1 Rosa dos ventos

A rosa dos ventos é um tipo de gráfico radial onde tipicamente são representadas direções, uma percentagem que quantifica os dados em análise, por exemplo, 50% dos dados estão associados ao norte, e normalmente a velocidade, podendo ser utilizadas outras medidas como a distância percorrida. A sua utilização mais comum é apresentar dados relacionados com a direção, frequência e velocidade do vento num determinado local. Este tipo de gráfico é clássico [1] mas continua a ser bastante útil. Existem serviços na *web* que mostram rosas dos ventos em locais estratégicos como aeroportos, por exemplo, a rosa dos ventos da Figura 1 representa os dados dos ventos no aeroporto da Portela, Lisboa em 2016.

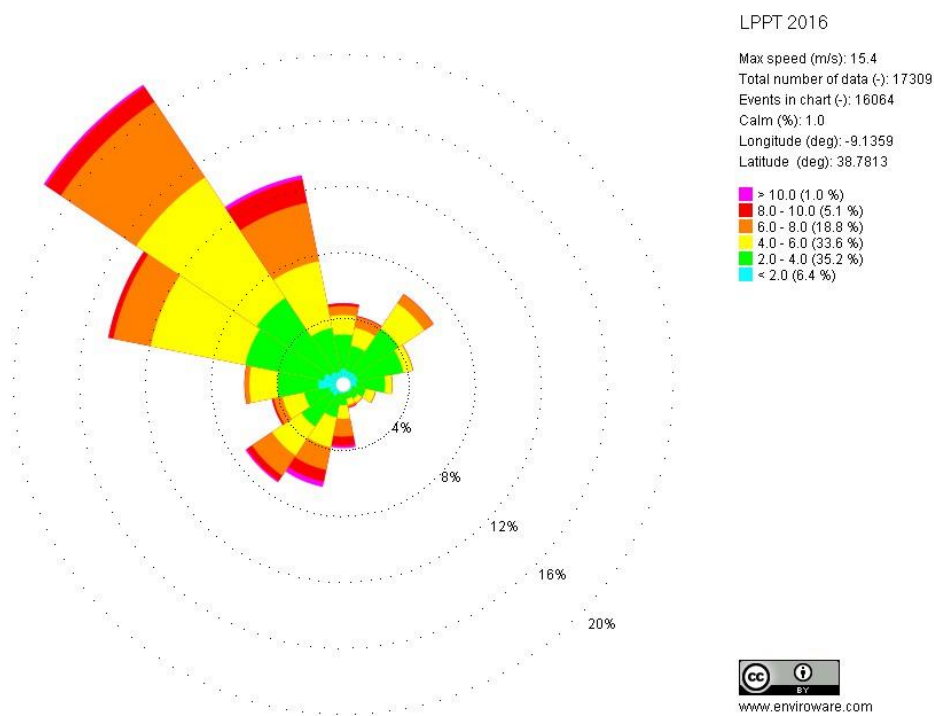


Figura 1 - Rosa dos ventos no aeroporto da Portela, Lisboa 2016 [3]

Na rosa dos ventos da Figura 1 pode-se observar que esta é composta por 5 círculos concêntricos marcados de 0% a 20%; 16 pétalas que representam direções em torno do centro da rosa, com um máximo de 6 cores diferentes que representam em que intervalo de velocidade se registam ventos; e uma legenda.

Cada componente da rosa é importante na obtenção de informação e o método de o fazer é o seguinte: o círculo no centro da rosa representa o local sobre o qual se quer analisar os ventos, neste caso o aeroporto da Portela. As pétalas representam de onde vêm os ventos, estando cada uma associada a um ponto cardeal, por exemplo N (Norte), colateral, por exemplo, SE (Sudeste) ou subcolateral como SSE (Sul-sudeste). O comprimento de uma pétala representa a frequência com que ocorrem ventos dessa direção. Por exemplo, os ventos mais frequentes na Portela vieram de Noroeste e tiveram uma frequência maior que 20% em 2016. É possível constatar também que entre o Oeste e o Norte há uma frequência ventosa de mais de 50%, e sabemos isto através da soma das frequências das pétalas nesse quadrante da rosa.

A legenda dentro da Figura 1 mostra cores que representam intervalos de velocidade do vento em m/s. Com esta informação é possível saber não só com que frequência, mas também a que velocidades sopra o vento de determinada direção.

Usando novamente o exemplo da pétala de Noroeste observa-se que mais ou menos 6% dos ventos dessa direção têm uma velocidade entre os 2-4 m/s (cor verde), que os ventos entre 4-6 m/s (amarelo) tiveram uma frequência de aproximadamente 7%, 6% para ventos entre 6-8 m/s (laranja), que para ventos a vermelho correspondem velocidades entre 8-10 m/s, com uma frequência de mais ou menos 3%, e que os ventos muito fortes, com mais de 10 m/s (lilás) sopraram menos de 1% das vezes.

2.1.2 Dados espaciotemporais

Dados espaciotemporais são dados que podem representar trajetos, ações e desempenho [4], interessando para este projeto os trajetos pessoais.

Este tipo de dados pode ter vários atributos, por exemplo, data, hora, velocidade instantânea e coordenadas geográficas, como latitude e longitude. Para a representação destes dados existem várias técnicas de visualização, incluindo mapas estáticos, *space-time cube map*, mapas animados [5], ou em texto, em formatos tais como o GPX e KML.

Neste trabalho apenas foram utilizados ficheiros de texto com o formato GPX e mapas estáticos 2D, abordados de seguida.

Formato de dados GPX

GPX ou *GPS Exchange format* [6] é um tipo de ficheiro utilizado para guardar dados provenientes de um dispositivo GPS. Estes ficheiros são escritos em XML e contêm vários trajetos, sendo cada trajeto composto por um conjunto de pontos, cada um com latitude, longitude, altitude, data e hora de quando foi recolhido e a velocidade instantânea nesse ponto (Figura 2).

Mapas estáticos

Estes mapas são tipicamente apresentados em 2D (Figura 3) e os trajetos são representados através de linhas, sendo habitual que existam outros elementos no mapa com informação diversa, como, marcadores de pontos de interesse, a escala e botões de manipulação do mapa.

```

<gpx xsi:schemaLocation="http://www.topografix.com/GPX/1/1
http://www.topografix.com/GPX/1/1/gpx.xsd" version="1.1" creator="Pocket Earth
v2.6.2">
  <metadata>
    <name>Casa-Trabalho</name>
    <link href="http://www.geomagik.com">
      <text>GeoMagik LLC</text>
    </link>
    <time>2015-05-06T14:02:41Z</time>
  </metadata>
  <trk>
    <name>Casa-Trabalho</name>
    <trkseg>
      <trkpt lat="38.7726195" lon="-9.1535779">
        <ele>96.73</ele>
        <time>2015-04-13T12:40:42Z</time>
        <name>Start: 13:40:42</name>
        <extensions>
          <gpstpx:TrackPointExtension>
            <gpstpx:speed>0.00</gpstpx:speed>
          </gpstpx:TrackPointExtension>
        </extensions>
      </trkpt>
      <trkpt lat="38.7726195" lon="-9.1535779">
        <ele>96.73</ele>
        <time>2015-04-13T12:40:42Z</time>
        <extensions>
          <gpstpx:TrackPointExtension>
            <gpstpx:speed>0.00</gpstpx:speed>
          </gpstpx:TrackPointExtension>
        </extensions>
      </trkpt>
    </trkseg>
  </trk>
</gpx>

```

Figura 2 - Exemplo do formato de dados GPX

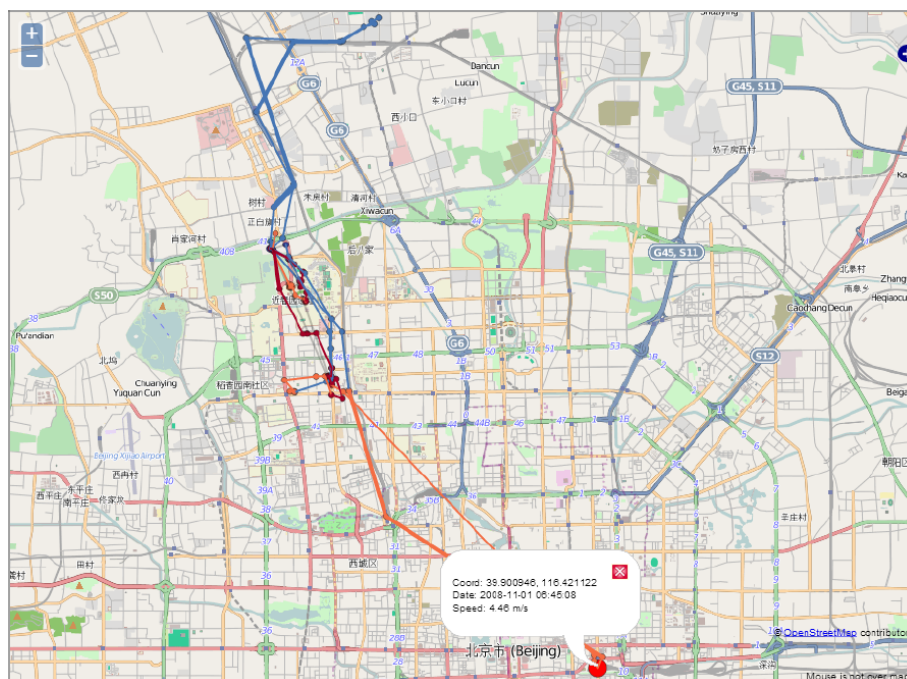


Figura 3 - Mapa estático 2D [5]

Devido à sobreposição de linhas, a legibilidade para o olho humano destes mapas é mais reduzida num mapa com muitos trajetos sobrepostos do que num mapa com poucos trajetos sobrepostos, sendo, portanto, esta uma motivação para a agregação de dados espaciotemporais. A capacidade de extrair informação é menor, porém a necessidade de a obter mantém-se.

2.1.3 Agregação de dados

Agregação de dados é a sumarização de dados de modo a facilitar a extração de informação dos mesmos, por exemplo, respondendo ao intuito de encontrar tendências e padrões nos dados. Os dados agregados permitem, por exemplo, ter a noção do total de valores durante um período de tempo, a média de um grupo de valores, máximos, mínimos e até estabelecer conjuntos. Por exemplo, o dono de uma loja que registre todas as suas vendas, se quiser saber o total de vendas, o que faz é uma operação de agregação de dados. Tipicamente estas medidas agregadas são mais interessantes quando colocadas num certo contexto que permita fazer comparações, como, o total de vendas em cada mês, ou no caso de uma empresa com lojas em vários locais, o total de vendas em cada local, ou mesmo o total de vendas em cada local e em cada mês, peças mais vendidas, compreendendo a tendência do mercado.

Assim, uma função de agregação de dados permite-nos obter um valor a partir de um conjunto de valores.

2.1.4 Agregação de dados espaciotemporais

Normalmente para agregar dados sobre trajetórias, os dados são agrupados em *clusters*. Uma das abordagens é representar a trajetória através de um vetor e através das distâncias entre vetores decide-se se duas trajetórias pertencem ao mesmo *cluster*, isto é, se têm o mesmo sentido [7].

Para a agregação de trajetos, pode ser utilizada uma abordagem semelhante, sendo que o sentido não é relevante. Por exemplo para se representar um conjunto de trajetos através de uma rosa dos ventos, pode verificar-se a direção dos pontos iniciais dos trajetos em relação ao ponto central da rosa, e os trajetos na mesma direção numa determinada amplitude (distância entre si) são agrupados e representados através de uma pétala na rosa dos ventos.

2.1.5 Utilização da rosa dos ventos na agregação de dados

O uso mais comum para este tipo de gráfico é a representação de dados relacionados com o vento, incluindo a direção, velocidade e frequência do vento numa determinada localização geográfica. A utilidade desta agregação pode ser medir a frequência e velocidade de ventos numa região para ter a perceção de movimentações de partículas que se deslocam pelo ar, como a cinza ou o fumo decorrentes de um incêndio [2].

Outra utilização da rosa dos ventos é a representação de outros elementos que não o vento, como a distância percorrida por gansos migratórios no Canadá [8]. Na Figura 4 pode ver-se que o centro da rosa não é o local de destino das trajetórias, como é comum quando se representam os ventos num local, mas sim o local de origem e, portanto, as pétalas representam as direções tomadas a partir do centro. Neste caso, o interior das pétalas, não representa as frequências relativas da velocidade em determinada direção, mas sim as frequências relativas da distância total percorrida.

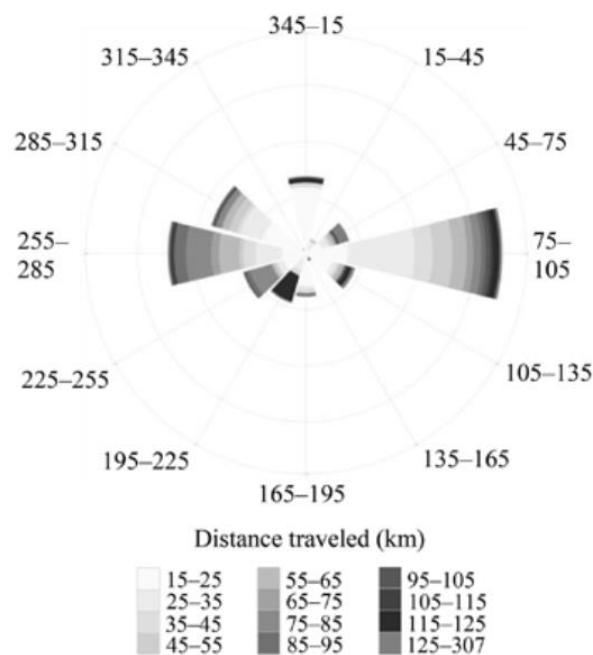


Figura 4 - Rosa dos ventos das direções e distâncias percorridas por bandos de gansos do Canadá no Arkansas de 2001 a 2011 [8]

É possível ainda, trocando os elementos exteriores da rosa dos ventos, representar dados que não estejam relacionados com direções. Por exemplo, trocando os pontos cardeais por horas é possível representar a frequência relativa de um acontecimento numa determinada hora. Na Figura 5 pode ver-se uma representação da frequência de assaltos à mão armada em Pittsburgh [9]. Quanto maior o comprimento de uma pétala, maior a frequência criminal, podendo observar-se que o maior número de assaltos ocorre entre as 23h e a 1h, e que entre as 3h e as 5h da manhã é o período com menos assaltos.

Neste projeto manteve-se a agregação de dados em função da direção, mas acrescentou-se mais informação sobre trajetos na zona em redor da rosa dos ventos como explicado no Capítulo 3.

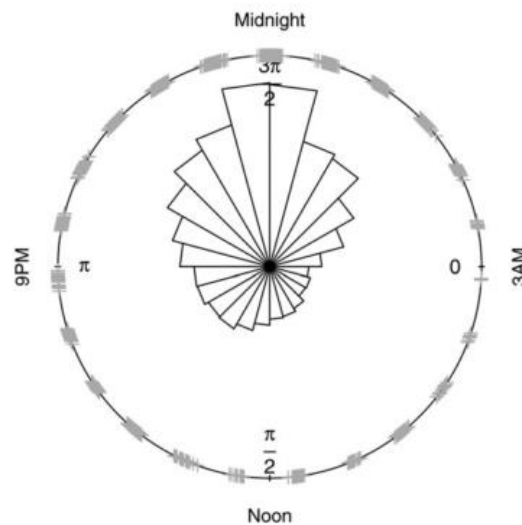


Figura 5 – Rosa dos ventos sobre assaltos à mão armada em Pittsburgh [9]

2.2 Trabalho relacionado

Nesta secção é descrita uma ferramenta que permite gerar rosas dos ventos, mas apenas para ventos dominantes, tendo servido de inspiração para alguns aspetos deste projeto. São também apresentadas as bibliotecas que foram testadas com o intuito de serem utilizadas no projeto, as quais, contudo, não se revelaram uma opção por diferentes motivos explicados na Secção 2.2.2

2.2.1 Ferramentas

Existem ferramentas no mercado que permitem introduzir dados e representá-los por intermédio de uma rosa dos ventos. Nesta pesquisa o foco foi centrado apenas numa ferramenta pelo facto de ser gratuita, denominada WRPLOT [10]. A intenção desta pesquisa foi compreender como funcionaria uma aplicação deste género e se poderia ser utilizada para os objetivos de análise de dados agregados de trajetos.

A ferramenta WRPLOT permite ler um ficheiro em formato DAT e faz a geração da respetiva rosa dos ventos (ver Figura 6) entre outros tipos de visualização. Trata-se de uma aplicação que permite agregar, filtrar e representar dados numa rosa dos ventos. Os filtros permitidos pela aplicação são relacionados com períodos temporais.

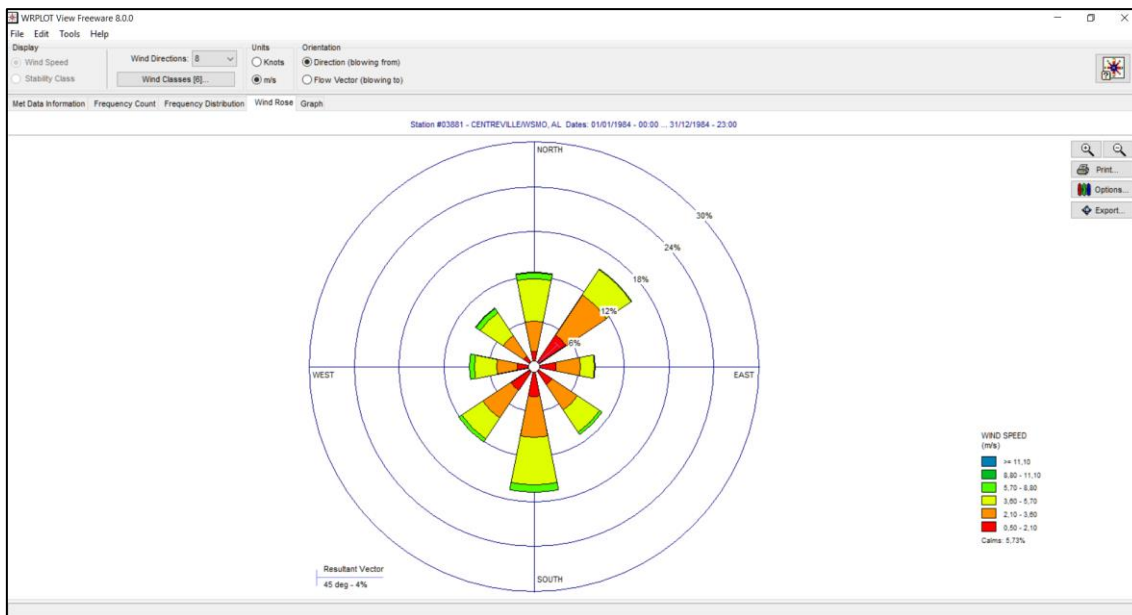


Figura 6 - Rosa dos ventos gerada no programa WRPLOT [10]

Para testar a aplicação foram utilizados dados sobre ventos, recolhidos pela estação número 03881 com o nome CENTREVILLE WSMO no estado do Alabama nos Estados Unidos da América [11]. Estes dados são de 1984 e contêm registos do período de um ano sendo que o período do registo diário está entre as 00h e as 23h. Na visualização, é possível alterar os períodos que se deseja visualizar e ver apenas os dados de todos os dias durante um mês específico entre as 00h e as 23h ou ver os dados todos durante um ano entre, por exemplo, as 10h e as 11h, ou outros filtros semelhantes. De igual modo, é permitido fazer *zoom* à rosa dos ventos aumentando o número de pétalas, e consequentemente aumentar o pormenor na visualização. É possível escolher entre duas unidades para a velocidade (m/s e nós) e alterar o número de pontos cardeais mostrados. Existe também a possibilidade de mudar a orientação do gráfico, isto é, se se quer visualizar os ventos a dirigirem-se para o ponto no centro da rosa ou a partir do centro da rosa.

Não há informação se dados gerados por outras fontes poderão ou não ser visualizados.

2.2.2 Bibliotecas

Numa fase inicial a linguagem definida para o desenvolvimento de *software* no âmbito deste projeto foi a Java. Tendo isto em conta, a pesquisa na altura encontrou bibliotecas que permitem a criação de vários tipos de gráfico, entre eles a rosa dos ventos, como a ChartDirector [12], e a JFreeChart [13]. Mas ambas as bibliotecas foram descartadas: a primeira por não ser *software* livre, o que não permite a alteração do código fonte e, portanto, dificulta a inclusão de elementos de desenho como os botões em redor da rosa; a segunda por não permitir a criação de uma rosa dos ventos nos moldes desejados, isto é, permite a criação de gráficos radiais, mas não, especificamente, do tipo rosa dos ventos.

Não tendo sido encontradas outras bibliotecas que permitam gerar gráficos em Java, surgiu a ideia da criação de uma biblioteca própria. Para o efeito utilizar-se-ia a Java 2D API [14], mas surgiu um problema relativamente à aplicação desta linguagem aos mapas escolhidos. Havia sido definido previamente que seria utilizado um mapa sobre o qual se desenhariam os trajetos presentes nos dados, sendo necessário utilizar uma API que funcionasse com mapas e devido ao facto de já haver experiência, da popularidade e da facilidade de uso, a opção recaiu sobre os mapas e API da Google [15]. Contudo, não havia suporte, à data, para a linguagem Java, pelo que foi necessário encontrar uma linguagem de programação alternativa, tendo sido a escolha a JavaScript, pois esta é suportada pelos mapas da Google e existe bastante documentação disponível.

Procurou-se, em seguida, novas bibliotecas em JavaScript que permitissem desenhar a rosa dos ventos, tendo sido encontradas a Plotly.js [16] e HighCharts.js [17]. Contudo, estas bibliotecas não foram utilizadas neste projeto, pois nenhuma possuía funções que permitissem adicionar botões e outros elementos gráficos à rosa. Para adicionar estas funcionalidades à Plotly.js ou HighCharts.js teria de ser alterado o código destas bibliotecas, mas para tal o código teria de ser aberto. Quanto à Plotly.js não era claro se a biblioteca seria livre ou não, pois no seu *website* [16] existe a possibilidade de subscrever um plano *pro* tendo esta situação gerado confusão. A HighCharts.js deixou de estar disponível em *open source*, e apesar de ser permitida a sua utilização de forma livre em contexto académico, é necessária uma licença. Tendo em conta que se pretende que o código deste projeto seja aberto esta situação é limitativa, pelo que a escolha desta biblioteca não foi uma opção.

Decidiu-se, portanto, pela criação de uma nova biblioteca, escrita maioritariamente em JavaScript e em jQuery e que figurasse na categoria de *software* livre. A tarefa de criação de uma biblioteca em JavaScript levantou a necessidade de encontrar ferramentas que permitam o desenho gráfico nesta linguagem. Para este efeito foram encontradas várias soluções, sendo estas: Pixi.js [18], D3.js [19], HTML5 Canvas [20], HTML5 *Scalable Vector Graphics* (SVG) [21]. Das soluções encontradas, a biblioteca Pixi.js e a D3.js aparentam ser as que têm maior capacidade, sendo que a Pixi.js parece estar bastante direcionada para o desenvolvimento de jogos em 2D e 3D e a biblioteca D3.js está mais vocacionada para a representação de informação. As duas últimas soluções encontradas, Canvas e SVG são elementos do HTML5, isto é, já se encontram disponíveis na linguagem e estão acessíveis através das *tags* `<canvas>` e `<svg>` respetivamente. O primeiro permite o desenho gráfico em páginas *web* através de instruções em JavaScript e o segundo elemento permite também o desenho gráfico em páginas *web*, mas através da definição em XML do que se pretende desenhar, ficando todos os elementos definidos a fazer parte do *HTML DOM* [22] como objetos independentes, o que permite, através de JavaScript, a modificação dos mesmos.

A escolha para o desenho gráfico das rosas dos ventos recaiu sobre o HTML5 SVG, isto porque, por comparação com as bibliotecas poderá oferecer um melhor desempenho pois não requer a utilização de uma biblioteca externa e por pessoalmente ser mais atrativa a aprendizagem do funcionamento de um elemento nativo do HTML5 do que uma biblioteca. Em relação à questão entre o Canvas e o SVG, o fator determinante na escolha do SVG foi o facto de cada elemento de desenho ser considerado um objeto independente o que permite a sua manipulação em separado, esta situação não se verifica com o Canvas.

Capítulo 3

Trabalho realizado

Após a motivação para este trabalho e a pesquisa do estado da arte relativo ao tema, o trabalho realizado consistiu no desenho e construção da biblioteca rosa dos ventos, da aplicação rosa dos ventos e da aplicação de testes. Neste capítulo é referido em primeiro lugar o ambiente de desenvolvimento e em seguida é descrita a biblioteca rosa dos ventos, a aplicação rosa dos ventos e os testes com utilizadores.

3.1 Ambiente de desenvolvimento

Esta secção é constituída por três partes, em primeiro lugar, uma secção relativa a ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento de *software*, em seguida à descrição do processo de desenvolvimento de software e, por fim, a interpretação da rosa dos ventos gerada pela biblioteca.

3.1.1 Ferramentas e tecnologias de desenvolvimento de *software*

Todo o trabalho realizado neste projeto foi desenvolvido num computador portátil com um processador Intel Core i7 @ 2.4 GHz, 16 GB de memória RAM, e como sistema operativo Windows 10 Pro N x64.

Inicialmente, a tecnologia escolhida para ser utilizada no desenvolvimento da biblioteca e da aplicação foi a linguagem de programação Java e ambiente de desenvolvimento Eclipse, mas a aparente inexistência de uma *application programming interface* (API) estável que permitisse o trabalho com mapas, motivou a escolha de JavaScript como a principal linguagem de programação.

JavaScript foi a opção tomada tanto para o desenvolvimento da biblioteca rosa dos ventos como para a aplicação rosa dos ventos e, de igual forma, para o desenvolvimento da aplicação de testes, esta escolha permitiu a utilização da biblioteca jQuery [23]. Assim, todo o código foi escrito utilizando o editor de texto Sublime Text 2 [24].

Considerando que a linguagem utilizada foi JavaScript, a biblioteca, a aplicação e a aplicação de testes requerem a sua execução num *browser web*. De entre os disponíveis, optou-se pelo Google Chrome [25].

Uma das funcionalidades da aplicação exigiu a utilização de um servidor *web*, tendo sido escolhido o Apache, versão 2.4.17, integrado no pacote XAMPP, versão 5.6.19 para Windows.

Outra ferramenta utilizada foi o programa de controlo de versões Git [26], que permitiu guardar o projeto em estágios diferentes.

Os dados dos utilizadores (recolhidos através de questionários apresentados no Anexo 1 –) e o desempenho dos mesmos (recolhido através da aplicação de testes) foram guardados em ficheiros *comma-separated values* (CSV). Finalmente, para a análise estatística destes dados foi utilizada a linguagem de programação R [27] sendo que o ambiente de execução desta foi o RStudio [28].

A linguagem *extensible markup language* (XML) foi usada para definir os elementos a serem desenhados (figuras geométricas, linhas e texto que constituem a rosa dos ventos) pois o formato *scalable vector graphics* (SVG) é escrito em XML, ou seja, se se quer desenhar um círculo numa página *web* utilizando o formato SVG, deve definir-se um elemento SVG no código HTML, para tal, usando a *tag* <svg>. Dentro do elemento <svg> os elementos estão no formato XML e aqui podem ser definidos elementos como, por exemplo, círculos usando para tal a *tag* <circle> neste caso.

Para a aplicação rosa dos ventos e aplicação de testes (utilizada nos testes com utilizadores), o *browser* mostra um mapa definido em HTML gerado por código JavaScript. Na aplicação de testes, as questões feitas aos participantes sobre o mapa e rosa dos ventos, foram definidas em HTML, bem como a recolha dos resultados dos testes, pois estes foram escritos em código HTML.

A utilização de JavaScript permitiu a criação, remoção e edição de todos os elementos necessários para o desenho da aplicação rosa dos ventos. Foi também em JavaScript que foi feito o processamento dos dados relativos à mesma.

No caso da aplicação rosa dos ventos e da aplicação de testes, toda a recolha de dados da interação do utilizador foi feita em JavaScript. Isto é, qualquer clique que despoleta uma ação, seja o aparecimento de uma rosa dos ventos (no caso da aplicação rosa dos ventos), seja na resposta a questões no caso da aplicação de testes, foi tratado em JavaScript.

3.1.2 Processo de desenvolvimento de *software*

O processo de desenvolvimento de *software* deste projeto caracterizou-se por várias iterações marcadas por reuniões. Tendo em conta que os objetivos do trabalho já estavam definidos, todas as reuniões tiveram como tema principal o objetivo que estava a ser trabalhado no momento. Assim que um objetivo era atingido, passava-se ao próximo.

No início de cada reunião foi demonstrado o trabalho realizado, resolvidas as dificuldades em executar o trabalho proposto na semana anterior, e finalmente era definido um conjunto de tarefas a serem executadas até à próxima reunião.

3.1.3 Interpretação da rosa dos ventos gerada pela biblioteca

No âmbito deste trabalho, a biblioteca criada permite gerar gráficos estáticos não interativos, para representação de informação (ver Figura 7). Para além disto, a biblioteca pode desenhar botões programáveis adicionando funcionalidades que alteraram a informação apresentada, como por exemplo escolher o período do dia sobre o qual se deseja ver dados agregados (ver Figura 8).

Relativamente à leitura da rosa dos ventos na Figura 7 e na Figura 8, o comprimento das pétalas representa a percentagem de trajetos que passam em relação a um ponto central num determinado raio e as cores das pétalas representam a velocidade média desses mesmos trajetos.

Recorrendo à Figura 7 ou à Figura 8 pode observar-se que 100% dos trajetos se situam a norte do ponto central e que a pétala é pintada com duas cores distintas, significando que, apesar de todos os trajetos se situarem na mesma direção, em relação ao ponto central, há trajetos com velocidades médias diferentes.

Também se pode observar nas figuras mencionadas anteriormente que 50% dos trajetos têm velocidade média entre 0-50 km/h enquanto outras 50% têm velocidade média entre 170-200 km/h. A relação entre a velocidade e uma cor é descrita pela legenda no canto inferior direito. Em ambas as figuras é observável um rodapé com a descrição “2 Path(s) aggregated”, indicando a quantidade de trajetos que são analisados e representados graficamente.

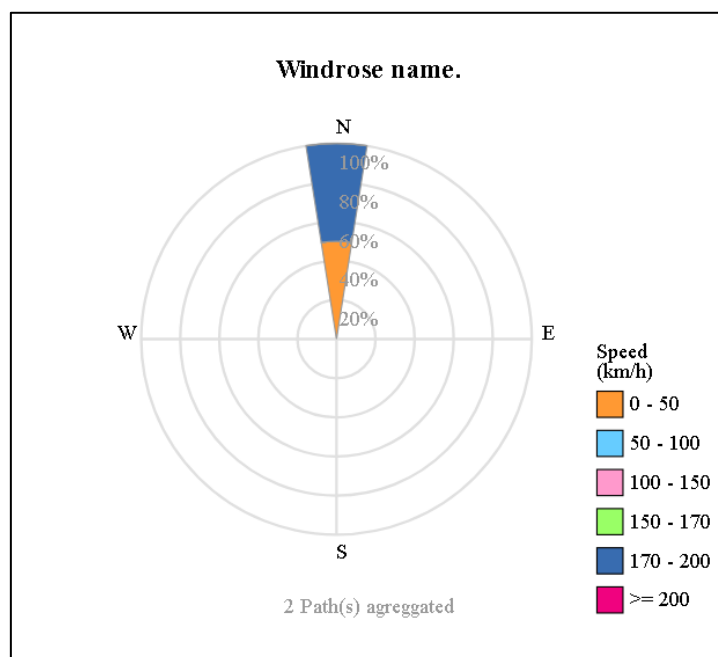


Figura 7 - Rosa dos ventos sem botões programáveis

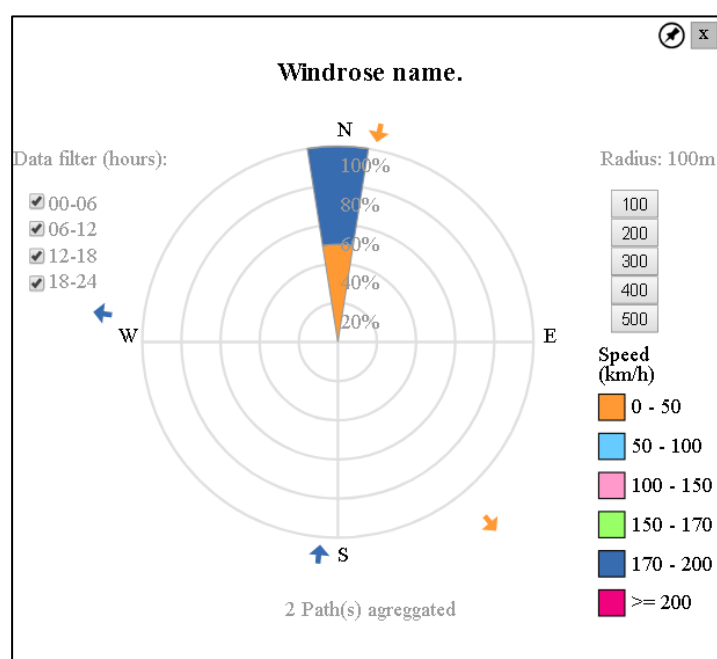


Figura 8 - Rosa dos ventos com botões programáveis

A rosa dos ventos da Figura 8 possui botões programáveis do lado esquerdo, que permitem escolher o período do dia sobre o qual se pretendem observar dados, e do lado

direito da rosa dos ventos, que permitem alterar o raio de recolha de dados. Existem 4 setas em redor da rosa, as setas da mesma cor formam um par, onde a seta a apontar para o interior da rosa é denominada seta de origem e a seta que aponta para o exterior é denominada seta de destino. Ao contrário das pétalas a informação representada pelas setas não está restringida por um raio, e estas apresentam a origem ou destino absoluto de um trajeto.

A biblioteca rosa dos ventos é apresentada detalhadamente na Secção 3.2.

3.2 Biblioteca rosa dos ventos

A biblioteca rosa dos ventos foi o primeiro objetivo de desenvolvimento de *software* deste projeto. Houve a necessidade de criar esta biblioteca devido à inexistência de funções que permitissem adicionar botões e outros elementos de desenho gráfico.

A biblioteca criada neste projeto é constituída por uma classe em JavaScript com o nome `Wind` que fornece funções para construir uma rosa dos ventos passo a passo. É, portanto, possível definir e escolher todos os aspetos do desenho, por exemplo, a área de desenho, a espessura das linhas, as cores, a existência ou não de botões, o título, a escala, entre outras. Também é possível definir uma rosa dos ventos através de uma função apenas, mas neste caso todos os elementos que se podem inserir são incluídos automaticamente, isto é, os botões, as setas de origem e destino, a escala e o título aparecem no resultado final mesmo que não sejam relevantes para a leitura dos dados.

Verifica-se que a grande diferença entre construir passo a passo, recorrendo a diversas funções, ou automaticamente utilizando apenas uma função é que a construção passo a passo permite uma maior liberdade, na medida em que há a opção de excluir alguns elementos do desenho.

Nas secções seguintes é apresentada a classe `Wind` e as duas formas de criar a rosa dos ventos, isto é, passo a passo ou usando unicamente a função *create*. Em adição, é explicado como interpretar a rosa dos ventos.

3.2.1 Classe `Wind`

É nesta classe que estão definidas todas as funções da biblioteca. Para se poder utilizar estas funções é necessário instanciar esta classe. A classe `Wind` tem uma propriedade, um inteiro múltiplo de 4, definida pelo utilizador aquando da instanciação

que indica o número máximo de pétalas a ser mostrado na rosa dos ventos. A rosa dos ventos pode ser criada através de uma só função ou passo a passo, mas o primeiro passo será sempre a criação de um objeto do tipo `Wind`.

Exemplo de criação de um objeto `Wind` com um máximo de 8 pétalas:

```
var novaRosa = Windrose.Wind(8);
```

3.2.2 Criação da rosa dos ventos passo a passo e detalhe das funções

As secções seguintes explicam de forma detalhada a criação de uma rosa dos ventos. São abordados os vários elementos da rosa, nomeadamente, a grelha, pétalas e *layout*, setas em redor, e botões. Por último, são também detalhadas as funções disponibilizadas pela biblioteca rosa dos ventos, com a apresentação das suas funcionalidades e tipo de dados que recebem.

Área de desenho

O primeiro passo para desenhar graficamente a rosa dos ventos é criar uma área de desenho, chamada de *canvas* neste projeto. Esta área de desenho é criada recorrendo ao elemento `<svg>` da HTML5. A função utilizada para criar uma nova área de desenho é a seguinte:

```
createCanvas(canvasH, canvasW, canvasBackgroundColor,  
canvasOpacity, roseX, roseY)
```

Parâmetros da função:

canvasH: altura da área de desenho em *pixels* (neste projeto foi sempre usado 500px).

canvasW: largura da área de desenho em *pixels* (neste projeto foi sempre usado 500px).

canvasBackgroundColor: cor de fundo da área de desenho (neste projeto foi sempre usado #fff).

canvasOpacity: opacidade da área de desenho, varia entre 0 e 1, onde 0 é completamente transparente e 1 completamente opaco.

roseX: coordenada no eixo dos xx onde a área de desenho é criada no ecrã.

roseY: coordenada no eixo dos yy onde a área de desenho é criada no ecrã.

Todas as funções especificadas em seguida requerem a existência da área de desenho, pois são funções de desenho e é na área de desenho que são desenhadas as figuras.

Grelha da rosa dos ventos

Tendo uma área de desenho, pode desenhar-se uma grelha da rosa dos ventos (Figura 9), a qual é composta por dois tipos de elementos SVG, sendo estes, círculos e linhas. Cada círculo e cada linha são objetos diferentes, e estão desenhados numa área de desenho, que em código HTML é um contentor de elementos SVG.

A biblioteca permite escolher o número e as cores das linhas que dividem a rosa. O número de círculos ficou pré-definido em 6, pois as rosas com melhor legibilidade encontradas na pesquisa possuem este número de círculos, a cor dos círculos é alterável.

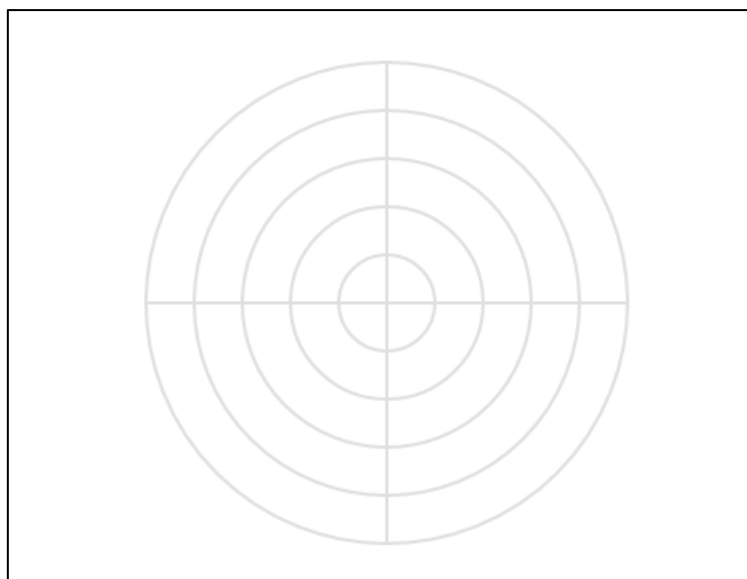


Figura 9 - Grelha da rosa dos ventos

A função utilizada para criar a grelha da rosa dos ventos é a seguinte:

createGrid(gridStrokeWidth, gridStrokeColor, gridColorFill)

A função *createGrid* permite criar a grelha da rosa dos ventos.

Parâmetros da função:

gridStrokeWidth: Grossura das linhas da grelha em *pixels*.

gridStrokeColor: Cor da linha.

gridColorFill: Cor do fundo da grelha.

Pétalas da rosa dos ventos

Após estas etapas, procede-se ao desenho pétalas na rosa dos ventos. Através das pétalas, quando conjugadas com a respetiva legenda e o *layout*, explicados a seguir, consegue-se obter muita informação sobre os dados que estão a ser representados.

Para criar uma pétala é necessária uma direção em graus, o conjunto de dados que esta irá representar, uma escala de forma a categorizar os dados, a amplitude máxima que se pretende que a pétala tenha e finalmente a cor das linhas de uma pétala.

A direção que é passada à pétala varia entre 0° e 360°, sendo que o grau 0 representa norte, o grau 90 representa este, 180° representa sul e finalmente 270° representa oeste.

A escala é composta por um conjunto de intervalos, cada um representado por uma cor, que é refletida na pétala. Na Figura 10 a cor da pétala está associada a um intervalo de uma escala que não está desenhada na figura, mas que já está definida, pois é o argumento **windroseScale** da função que permite criar uma pétala (**createPetal**). As cores dos intervalos são visíveis numa legenda que faz parte do *layout* e será detalhado na secção seguinte.

A amplitude da pétala é puramente estética sendo que, uma alteração das suas dimensões não representa uma variação no volume de dados. A percentagem de amplitude de uma pétala pode ser alterada e a sua amplitude máxima está diretamente relacionada com a quantidade de linhas existentes na grelha, por exemplo, uma grelha com 4 linhas divide a rosa em 4 setores e a amplitude máxima de uma pétala será $\frac{360^\circ}{4}$. Caso fosse uma rosa com 8 linhas e 8 setores a amplitude máxima seria $\frac{360^\circ}{8}$ e assim sucessivamente. A pétala da rosa da Figura 10, tem uma amplitude de 20% em relação à sua amplitude máxima que seria de 90°.

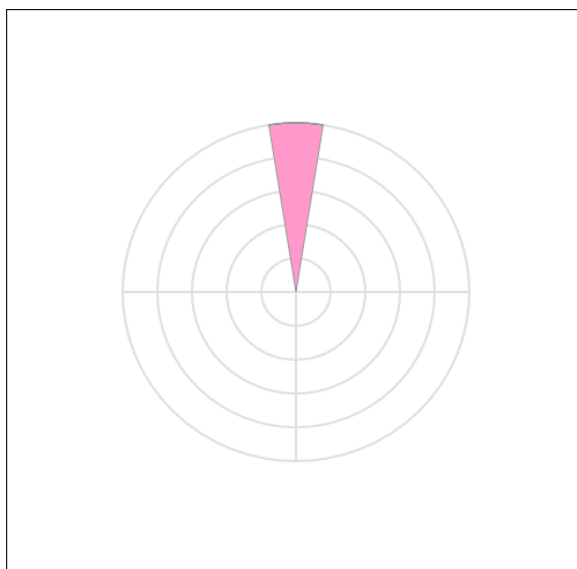


Figura 10 - Pétala da rosa dos ventos

O comprimento da pétala representa a percentagem dos dados presentes nessa mesma pétala, podendo ir de 0 até 100% (o desenho das percentagens tal como a escala fazem parte do *layout* que serão detalhados no ponto a seguir), este comprimento não é um parâmetro da função. Observando a Figura 10, e assumindo que esta pétala está a representar dados de trajetos, é visível que o comprimento da pétala é igual ao raio do círculo exterior. Supondo que o círculo exterior representa 100% dos dados, poderíamos concluir que 100% dos trajetos estão a norte (0°).

A função utilizada para criar uma pétala da rosa dos ventos é a seguinte:

```
createPetal(direction, windroseData, windroseScale,  
amplitudePercentage, petalStrokeWidth, petalStrokeColor)
```

Parâmetros da função:

direction: A direção da pétala em graus.

windroseData: os dados correspondentes à pétala em forma de vetor de objetos do tipo {direção, velocidade}, por exemplo:

```
[{direction:0, velocity:30}, {direction:270,  
velocity:100}], representa dois objetos com as propriedades direção e velocidade.
```

windroseScale: a escala da rosa dos ventos, que é um objeto do tipo {cores, valores} (explicado com mais detalhe na função **createLayout**).

amplitudePercentage: O valor em percentagem (0 - 1) da amplitude desejada para a pétala, esta amplitude está condicionada pelo número de pétalas possíveis na rosa.

petalStrokeWidth: Grossura da linha que envolve uma pétala e separa as diferentes camadas da mesma (caso exista).

petalStrokeColor: Cor da linha envolvente da pétala.

Layout da rosa dos ventos

O *layout* da rosa dos ventos permite contextualizar a representação das pétalas. Nas figuras anteriores não era possível extrair informação sem fazer algumas suposições sobre o significado de, por exemplo, o comprimento da pétala. Na Figura 11 isso já não se verifica, pois já inclui o *layout* composto pelo nome da rosa, pelos pontos cardeais, pelas percentagens representadas por cada círculo e finalmente pela legenda que inclui a escala, de cores e numérica bem como a propriedade representada (por exemplo, velocidade) e a sua unidade de medida.

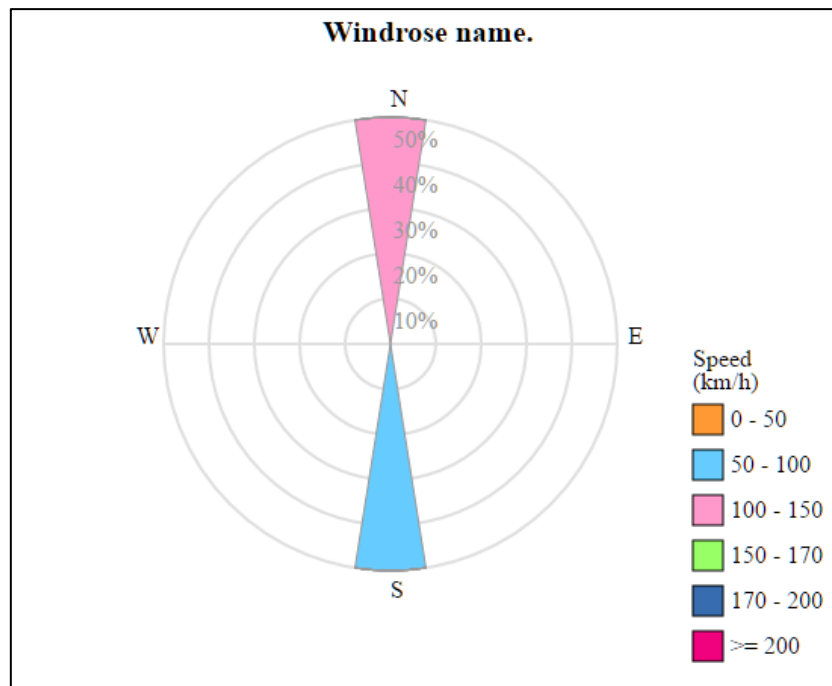


Figura 11 - Rosa dos ventos com a legenda e o título

A função utilizada para a criação do *layout* é a seguinte:

```
createLayout(windroseScale, windroseName, textColor,  
unitScale)
```

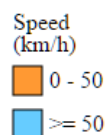
Parâmetros da função:

windroseScale: a escala da rosa dos ventos, que é um objeto do tipo {cores, valores}. Tanto as cores como os valores são vetores, e estes vetores devem, ou ter o mesmo número de elementos ou o vetor dos valores poderá ter um elemento a mais sendo os efeitos desta diferença demonstrados no exemplo seguinte:

i. Supondo que o objeto tem o formato:

```
{cores: ["#ff9933", "#66ccff"],  
valores: [0.0, 50]}
```

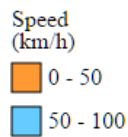
então o resultado seria



ii. Supondo que o objeto tem o formato:

```
{cores: ["#ff9933", "#66ccff"],  
valores: [0.0, 50, 100]}
```

então o resultado seria



Este parâmetro (`windroseScale`) deve receber o mesmo objeto que o parâmetro com o mesmo nome da função `createPetal`.

windroseName: *string* com o título da rosa dos ventos.

textColor: a cor do texto dos valores dos intervalos, da palavra “Speed” e da unidade de medida.

unitScale: *string* que representa a unidade da escala.

Setas em redor da rosa dos ventos e rodapé

À rosa podem ser adicionadas setas em seu redor, as quais podem ter várias aplicações. Tomando o contexto dos trajetos pessoais deste projeto, estas setas podem servir para indicar o início de um trajeto, o final do mesmo e a sua velocidade média. Por exemplo, na Figura 12, apesar da rosa mostrar que todos os trajetos estão a norte do ponto central, a seta de entrada (a que apontam para o interior da rosa) do trajeto com setas cor-de-rosa, indica que a origem deste trajeto está a sul e a seta de saída indica que o destino é a oeste. Finalmente, a cor das setas, indica, a velocidade média.

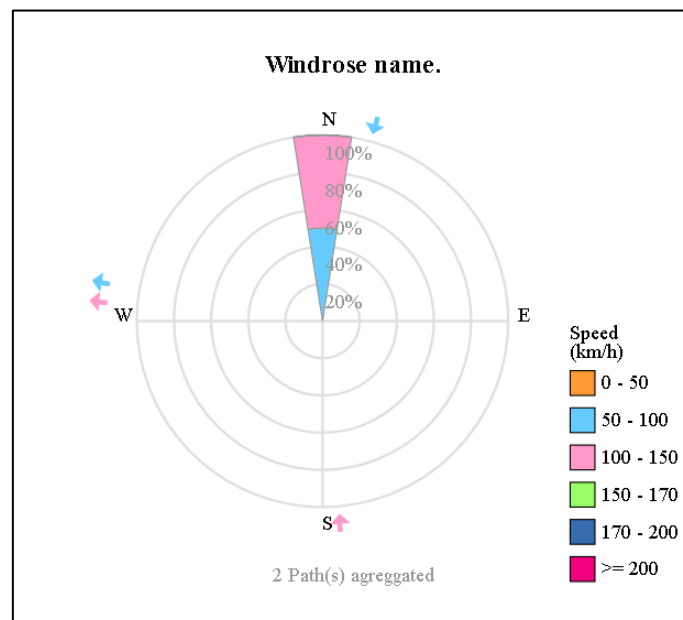


Figura 12 - Rosa dos ventos com as setas direcionais em seu redor

No exemplo da Figura 12, através das setas é possível extrair a informação de que o trajeto com setas cor-de-rosa, se iniciou a sul e terminou a oeste e foi feito com uma velocidade média entre os 100 e os 150 km/h. Adicionalmente, na Figura 12 pode observar-se um rodapé na área de desenho, que pode conter variadas informações como, por exemplo, o número de trajetos agregados ou a latitude e longitude do centro da rosa dos ventos.

A função utilizada para a criação das setas direcionais de origem e destino é a seguinte:

createDirectionalArrows(pathsAndColors)

Parâmetros da função:

pathsAndColors: é um vetor de objetos com o formato {direçãoSetaOrigem, corDoCaminho, direçãoSetaDestino, corDaVelocidadeMediaDoCaminho}. A direçãoSetaOrigem é a direção da seta de origem em graus. A corDoCaminho é um argumento que pode ser nulo ou pode ser uma cor. Por exemplo, ao usar as setas direcionais num contexto com trajetos num mapa, caso estes trajetos tenham cores, as setas direcionais podem assumir a cor do trajeto a que correspondem, permitindo assim saber a origem e o destino de um caminho utilizando as setas de origem e destino e as suas cores. A direçãoSetaDestino é a direção da seta de destino em graus. E o último argumento é a cor da velocidade média correspondente a um trajeto. Este argumento serve, tal como o segundo, para definir a cor das setas de origem e destino, portanto, as setas de origem e destino apenas vão assumir a cor de um destes argumentos. Por definição está a cor da velocidade média, sendo que para alterar para a cor do caminho, teria de ser feita uma alteração no código.

Exemplo de um objeto que poderia fazer parte de um vetor, de forma a ser argumento desta função:

```
{direçãoSetaOrigem:181,  
corDoCaminho:"#ff9933",  
direçãoSetaDestino:270,  
corDaVelocidadeMediaDoCaminho:"#ff99cc"}
```

Outro elemento de desenho descrito foi o rodapé. A função utilizada para a sua criação é a seguinte:

createFooter(footer)

Parâmetros da função:

footer: vetor de *strings* onde cada índice contém uma frase que será escrita numa linha diferente do rodapé.

Exemplo:

```
[ "Isto", " é", "um exemplo" ]
```

É um vetor aceitável como argumento e o texto seria escrito em três linhas do rodapé. Um vetor típico utilizado na aplicação rosa dos ventos é:

```
[ "", numOfPaths+" path(s) "+  
  "related with point "+  
  "("+latitude+", "+longitude+" )"].
```

Interação com a rosa dos ventos

Os botões do lado direito da rosa (numerados de 100 a 500) e as *checkboxes* do lado esquerdo da rosa, visíveis na Figura 13 foram criados com o objetivo de serem utilizados na aplicação rosa dos ventos, pelo que, a sua funcionalidade é definida no código da aplicação e explicada na Secção 3.3.2

Para a biblioteca os botões aqui descritos são apenas elementos de desenho, isto é, não têm uma funcionalidade associada. As funções que permitem criar estes botões não forçam o programador a quaisquer parâmetros, seja em relação às unidades de medida ou aos valores que o programador decida utilizar, pois trata-se apenas de desenho. São, portanto, botões programáveis.

Os botões ganham funcionalidade quando associados, por exemplo, a *event listeners* definidos pelo programador na aplicação que está a utilizar a biblioteca. Para tal, o programador pode utilizar o identificador único de cada botão, que tal como todos os elementos do desenho é definido automaticamente aquando da sua criação, e através de JavaScript definir os acontecimentos quando há interação com o botão, seja clique ou simplesmente passar por cima ou outros tipos de interação existentes.

Os botões visíveis no canto superior direito da Figura 13 são, respetivamente, um botão que permite tornar a área de desenho amovível, útil por exemplo, para comparação lado a lado de duas ou mais rosas dos ventos, e um botão que permite eliminar a área de desenho, removendo-a do ecrã, funciona como um botão de fechar.

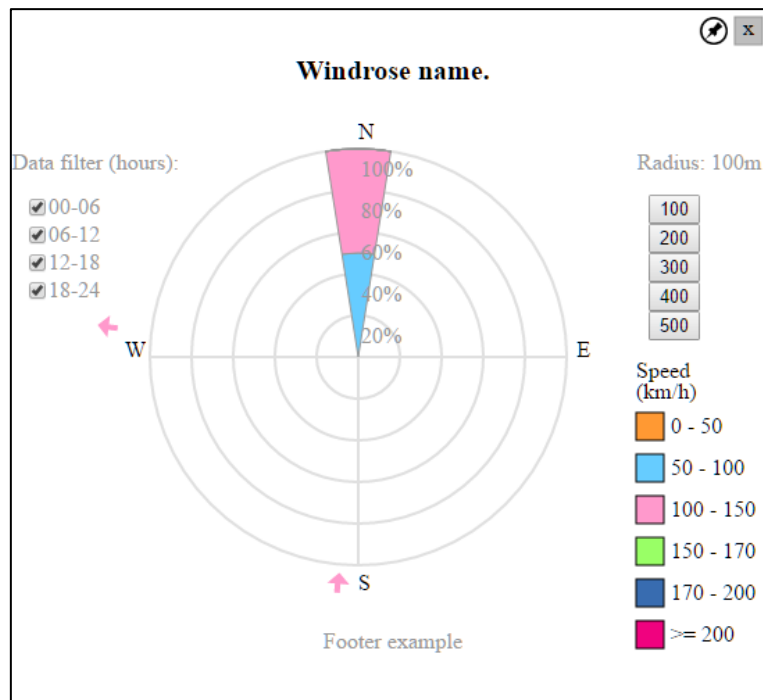


Figura 13 - Rosa dos ventos com legenda e filtros

A função que cria os botões numerados de 100 a 500 é a seguinte:

createRadiusButtons(buttonsValues, buttonsUnit, textRadius)

Esta função permite a criação dos botões que aparecem do lado direito da rosa dos ventos da Figura 13. Estes botões podem servir para mudar o raio de abrangência da recolha de dados. Os dados que a função recebe são:

buttonsValues: Vetor de *integers* com o texto a aparecer nos botões, por exemplo, [100, 200, 300, 400, 500].

buttonsUnit: *String* com a unidade de medida (deverá estar de acordo com os valores dos botões).

textRadius: Valor correspondente ao raio de agregação atual.

Segue-se o exemplo do que poderiam ser os valores de entrada para uma chamada da função descrita:

```
buttonsValues = [100, 200, 300, 400, 500]
buttonsUnit = "m"
textRadius = 100
```

A função que cria as *checkboxes* que funcionam como filtros é a seguinte:

createFilters(filterValues, filterNames)

Esta função permite criar os botões que estão do lado esquerdo da rosa dos ventos da Figura 13. Estes botões são *checkboxes* que permitem, por exemplo, alterar o período do dia que está a ser analisado. Os dados que a função recebe, são:

filterValues: Vetor com objetos do tipo `{value, checked}` que guardam intervalos de horas e um valor booleano que informa se o intervalo correspondente está ou não selecionado.

filterNames: Vetor de *strings* com os intervalos a representar

Exemplo:

```
filterValues = [{value:"0-6", checked:true}, {value:"6-12",  
checked:true}, {value:"12-18", checked:true}, {value:"18-  
24", checked:true}]  
filterNames = ["00-06", "06-12", "12-18", "18-24"]
```

A função que cria o botão que permite eliminar uma rosa do ecrã é a seguinte:

**createCloseButton(coordinateX, coordinateY, stroke,
strokeWidth, fill)**

Esta função cria um botão no canto superior direito da área de desenho que serve para eliminar a rosa. É um que tem um “X”.

Os dados que a função recebe são:

coordinateX: A posição no eixo dos xx do botão relativamente ao *canvas* da rosa.

coordinateY: A posição no eixo dos yy do botão relativamente ao *canvas* da rosa.

stroke: A cor da linha do botão (quadrado).

strokeWidth: A grossura da linha.

fill: A cor de fundo do botão.

A função que cria o botão com o *pin* que permite fixar uma rosa no ecrã é a seguinte:

**createPinButton(coordinateX, coordinateY, height, width,
link, rotation)**

Pressupõe a existência de uma área de desenho, que pode ser criada através da função *createCanvas*.

Este botão permite fixar ou tornar móvel a área de desenho onde está a rosa dos ventos. Ao contrário do botão anterior que é desenhado, este botão é uma imagem.

Os dados que a função recebe por ordem de argumentos são:

coordinateX:A posição no eixo dos xx do botão relativamente ao *canvas* da rosa.

coordinateY:A posição no eixo dos yy do botão relativamente ao *canvas* da rosa.

height: Altura da imagem.

width: Comprimento da imagem.

link: *Link* para a imagem.

rotation: Rotação da imagem em graus (0° a imagem mantém-se, a 180° a imagem é invertida).

3.2.3 Criação da rosa dos ventos usando a função *create*

```
create (canvasH, canvasW, canvasBackgroundColor,  
canvasOpacity, windroseScale, windroseName, textColor,  
unitScale, gridStrokeWidth, gridStrokeColor, gridColorFill,  
windroseData, amplitudePercentage, petalStrokeWidth,  
petalStrokeColor, reCreate, pathsAndColors, footer,  
buttonsValues, buttonsUnit, textRadius, roseX, roseY, pin,  
filters)
```

Esta função permite a criação de uma rosa dos ventos nova sem ser necessária a sua construção passo a passo por parte do programador. Para tal, esta função chama internamente todas as funções anteriores.

Os argumentos da função foram explicados anteriormente, exceto o *reCreate* que se trata de um parâmetro booleano que permite à aplicação cliente notificar a biblioteca se se trata de uma recriação da rosa dos ventos ou não. Por exemplo, no caso da aplicação cliente ter uma rosa interativa que permita mudar os períodos do dia analisados ou o raio de agregação, estas alterações implicam a criação de uma nova rosa dos ventos, mas o objeto *Wind* continua a ser o mesmo. Assim, para ser mantido o estado da área de desenho, se está fixa ou não, e para serem mantidos os valores dos identificadores dos elementos do desenho, da anterior rosa dos ventos, a biblioteca é notificada de que se trata da criação de uma rosa previamente existente de forma a reiniciar os valores dos identificadores (IDs), caso contrário, como as variáveis que

definem os valores dos IDs são incrementadas ao longo da execução, a rosa recriada teria IDs diferentes da original, e desta forma deixaria de ser compreendida como a mesma rosa.

3.2.4 Funções jQuery

As funções jQuery utilizadas, são funções anónimas e que são executadas após a página ser completamente carregada. Estas funções permitem tornar a área de desenho móvel, criar uma sombra sobre as pétalas da rosa dos ventos, quando o rato se encontra sobre elas, e, ainda, dar funcionalidade aos botões fechar e *pin*.

Estas funções foram escritas recorrendo à biblioteca jQuery ao invés de em JavaScript pois trata-se de funções que adicionam e removem classes aos elementos HTML e este tipo de interação é bastante facilitado através da utilização desta biblioteca.

3.3 Aplicação rosa dos ventos

Nesta secção é descrito o processo de criação da aplicação rosa dos ventos, relativa ao objetivo 2 do trabalho, em que se consideram agregações de dados sobre trajetos pessoais.

A aplicação foi programada de forma a ser executada em *browser web* e para tal as tecnologias utilizadas são HTML e JavaScript. Nos pontos seguintes são explicados os componentes, o funcionamento e, por último, um fluxograma que representa a lógica da aplicação.

3.3.1 Componentes da aplicação rosa dos ventos

O primeiro componente da aplicação é o mapa, este mapa é criado utilizando a API Google Maps para JavaScript [15].

Sobre o mapa é desenhada uma caixa no canto inferior esquerdo que mostra as coordenadas (latitude e longitude) do local onde o cursor do rato está localizado, com intuito informativo para o utilizador.

Sobre o mapa são desenhados todos os trajetos presentes num ficheiro GPX que contém os dados dos trajetos. Neste projeto, o ficheiro utilizado foi sempre o mesmo, pois continha trajetos conhecidos, sendo tomada esta opção de modo a facilitar a interpretação e depuração da rosa.

Finalmente, sobre o mapa são também criadas as rosas dos ventos que apresentam os dados relativos a determinados pontos, após um clique num ponto de um trajeto os dados (latitudes, longitudes, tempo e outros) desse trajeto são processados pela aplicação, sendo em seguida desenhada uma rosa dos ventos, recorrendo para tal à biblioteca rosa dos ventos. Nesta aplicação não se pretende recolher os trajetos que se deslocam para um ponto clicado, mas sim todos os trajetos que passam no raio de agregação de um determinado ponto clicado, determinando a sua posição em relação ao ponto clicado e as velocidades médias.

A Figura 14, mostra sucintamente a relação entre os diversos componentes da aplicação rosa dos ventos.

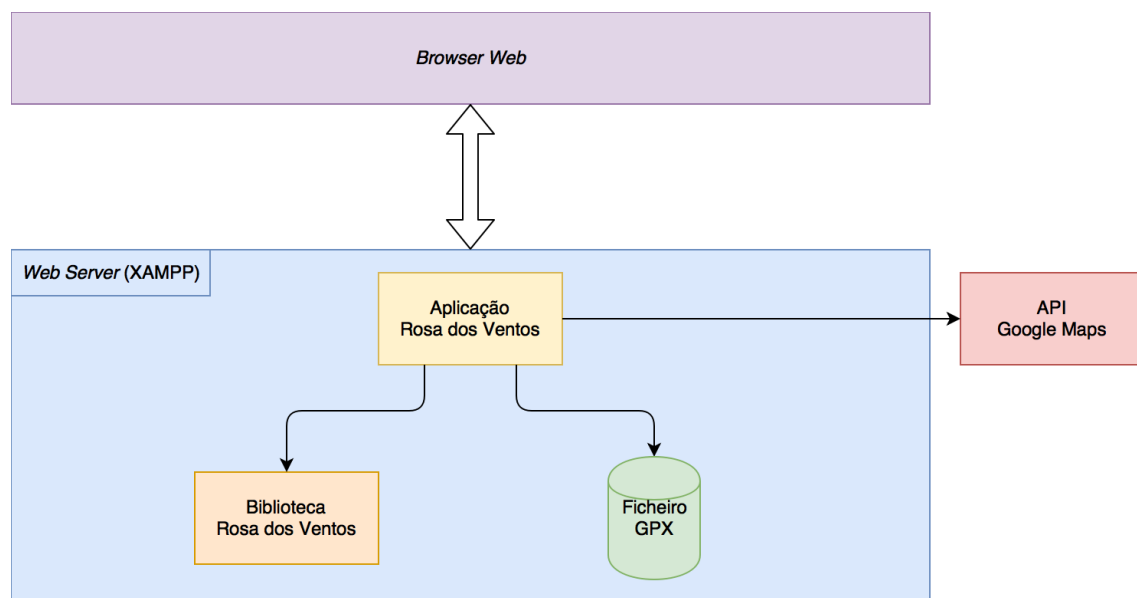


Figura 14 - Diagrama da arquitetura da aplicação rosa dos ventos

No *browser web* ao pedir a página da Aplicação rosa dos ventos esta executa duas tarefas. Utilizando a API Google Maps é feito o pedido de um mapa para incorporar na página HTML. É também processado o ficheiro GPX de forma a guardar os dados dos trajetos e desenhá-los no mapa.

Quando há um clique num dos trajetos é utilizada a biblioteca rosa dos ventos de forma a criar uma rosa dos ventos, isto é, é feita uma instância da classe Wind e invocada a função **create** à qual são passados os pares velocidade média/direção de cada trajeto e os outros dados explicados na Secção 3.2.3

3.3.2 Funcionamento da aplicação rosa dos ventos

Nesta secção são abordadas as marcações dos trajetos no mapa, e interações com as mesmas, o ponto central da rosa dos ventos, a interação com a rosa dos ventos e a presença de múltiplas rosas dos ventos no ecrã.

Função *inicialize*

Esta função serve para a criação do mapa e, em seguida, marca os trajetos no mapa recorrendo à informação recolhida pela função *getData* que lê os pontos do ficheiro GPX. Adicionalmente, cria e guarda um vetor com a informação de todos os trajetos.

Criação do mapa

O mapa é criado recorrendo à API do Google através da função *inicialize*. O ponto central do mapa está predefinido de acordo com as coordenadas dos trajetos do projeto.

Marcação dos trajetos no mapa

Para haver interação com o utilizador na aplicação rosa dos ventos, é necessário que haja trajetos marcados no mapa. Estes trajetos são criados através de um conjunto de pontos recolhidos de um ficheiro com dados espaciotemporais, neste caso o ficheiro GPX.

De momento, a aplicação apenas recolhe dados de ficheiros com o tipo GPX. A Figura 15 exemplifica um mapa com os trajetos marcados. Cada trajeto tem uma cor diferente.

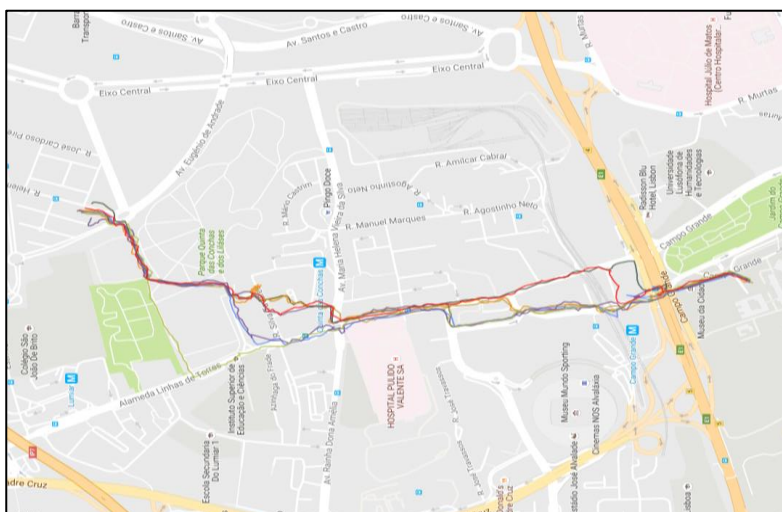


Figura 15 - Mapa utilizado na aplicação rosa dos ventos com trajetos marcados

Os trajetos são *polylines* criados através de uma chamada à API Google Maps.

Para criar os trajetos é necessária informação sobre os pontos no ficheiro GPX (data, hora, velocidade instantânea e coordenadas) utilizando as seguintes funções:

//Função anónima e imediatamente invocada, isto é, assim que possível esta função é invocada, o que faz com que normalmente seja a primeira função a ser executada.

```
(function () {
    var xhttp = new XMLHttpRequest();
    //esta função é executada quando há uma mudança no estado do objeto
    xhttp.onreadystatechange = function() {
        //caso o pedido tenha sido executado com sucessos
        if (xhttp.readyState == 4 && xhttp.status == 200) {
            //chama a função getData
            getData(xhttp);
        }
    };
    //define um pedido a um URL (neste caso o URL é o caminho do ficheiro
    GPX)
    xhttp.open("GET", getName(), true);
    //executa o pedido definido anteriormente (muda o estado do objeto)
    xhttp.send();
})();

function getData(xml) {
    //a propriedade responseXML contém o conteúdo do documento recebido
    var xmlDoc = xml.responseXML;
    var totalSegments = xmlDoc.getElementsByTagName("trkseg").length;
    var i;
    for (i = 0; i < totalSegments; i++){
        var segCoordinates = [];
        var hoursOfASeg = [];
        var speedsOfASeg = [];
        var dateOfASeg = [];
        var pointObject = {};
        //get one track out of all existent
        var thisTrkseg = xmlDoc.getElementsByTagName("trkseg")[i];
        var thisTrksegLength = thisTrkseg.childNodes.length;
        var j;
        //get all track points for this track
        var totalPoints = thisTrkseg.getElementsByTagName("trkpt");
        for (j = 0; j < thisTrksegLength; j++){
            var y = totalPoints[j].getElementsByTagName("time")[0];
            var time = y.childNodes[0].nodeValue;
            var date = time.split('T')[0];
            var hour = time.split('T')[1].split('Z')[0];
            var speed =
                totalPoints[j].getElementsByTagName("extensions")[0].getElementsByTagName("TrackPointExtension")[0].getElementsByTagName("speed")[0].childNodes[0].nodeValue;
            var lat = totalPoints[j].getAttribute("lat");
            var lng = totalPoints[j].getAttribute("lon");
```



```

        var latLng = new google.maps.LatLng(lat, lng);
        segCoordinates[j] = latLng;
        hoursOfASeg[j] = hour;
        speedsOfASeg[j] = speed;
        dateOfASeg[j] = date;
    }
    pointObject = { segment: i,
                    date: dateOfASeg,
                    hour: hoursOfASeg,
                    speed: speedsOfASeg,
                    coordinates: segCoordinates
    };
    segments[i] = pointObject;
}
}

```

A informação recolhida por estas funções é guardada num vetor de objetos (*segments*) que contém o ID do trajeto e vetores com a data, a hora, a velocidade instantânea e as coordenadas de cada ponto. A função *initialize* usa os vetores com as coordenadas guardadas no vetor *segments* e define *polylines*, ou seja, os trajetos no mapa.

Interação com os trajetos

Após a marcação dos trajetos no mapa é necessário associar *listeners* aos mesmos através da seguinte função:

```

function addPathsListeners(paths, actualPath, myMap){
    actualPath.addListener('click',function(event){
        var rose = new Windrose(16);
        var thisPath = this.getPath().getArray();
        var thisPathId = this.id;
        /***** Invoking Draw *****/
        var circleOps = {strokeColor:"#999", strokeOpacity:0.8,
                        strokeWeight:2,fillColor:"#999", fillOpacity:0.4};
        var markerOps = {label: rose.getRoseId().toString(), draggable: false,
                        position: event.latLng};
        var circle = new google.maps.Circle(circleOps);
        var marker = new google.maps.Marker(markerOps);
        marker.setMap(myMap);
        marker.addListener('click', function(){
            circle.setCenter(this.getPosition());
            circle.setMap(myMap);
            var roseId = document.getElementById(this.label+"-text21");
            if(roseId === null){
                circle.setMap(null);
                marker.setMap(null);
            }else{

```

```

        var newRadius = roseId.getAttribute("value");
        circle.setRadius(Number(newRadius));
        if(!circle.getVisible()){
            circle.setVisible(true);
        } else{
            circle.setVisible(false);
        }
    }
});
var filters = [{value:"0-6", checked:true}, {value:"6-12",
checked:true}, {value:"12-18", checked:true}, {value:"18-24",
checked:true}];
draw(false, rose, thisPath, event.latLng.lat(), event.latLng.lng(),
paths, thisPathId,0.1, roseX, roseY, circle, marker, null, filters);
});
}

```

Estes *listeners* para clique são chamados pela função *initialize*. Quando ocorre um clique num determinado ponto de um trajeto é criado um objeto *wind* e um vetor com todos os pontos do trajeto clicado. Em seguida, é adicionado um marcador ao mapa, são definidos os intervalos dos filtros (períodos do dia) e é chamada a função que processa os dados (recebe a latitude e longitude do ponto clicado, o vetor com todos os pontos do trajeto e recebe ainda um vetor com a informação de todos os trajetos criado na função *initialize*, o vetor dos filtros, o raio de agregação predefinido em 100 metros, entre outros).

Processamento de dados

Na função *draw* é definida a escala de cores e os intervalos de velocidade que constam na legenda da rosa dos ventos.

São realizados os seguintes passos para obter os dados sobre os trajetos que se encontram dentro do raio de agregação: compara-se as coordenadas do ponto clicado com as coordenadas de todos os pontos do trajeto em que o ponto se insere, desde o seu início até ao ponto clicado. Os pontos que se encontram a uma distância superior ao raio de agregação são descartados e a informação relativa aos restantes é guardada num vetor.

Em seguida, as coordenadas do ponto clicado são comparadas com todos os pontos dos outros trajetos, ponto a ponto e um trajeto de cada vez. Os pontos que estão fora do raio de agregação são descartados e os restantes guardados num vetor.

A distância entre pontos é calculada pela função *distanceAndDirection* [29]. Sabendo a distância entre o ponto clicado e um ponto de outro trajeto, bem como a

distância do raio de agregação é possível determinar se o ponto se encontra dentro ou fora do raio.

```
/*Método que calcula a distância entre 2 pontos contando com a curvatura da terra,
se um círculo imaginário for desenhado em volta do primeiro ponto a que grau
estaria o segundo ponto. Sendo o Norte o grau 0.

* @requires unidades em "m" ou "km".
* @param lat1: latitude do primeiro ponto
* @param lng1: longitude do primeiro ponto
* @param lat2: latitude do segundo ponto
* @param lng2: longitude do segundo ponto
* @param unit: measure unit, metros ou quilómetros
* @return objeto composto por uma distância em metros ou quilómetros e uma
direção, contando com a curvatura da terra em graus.
*/

function distanceAndDirection(lat1, lng1, lat2, lng2, unit) {
    /** Calculating direction */
    var R;
    if(unit === "m"){
        R = 6371e3;
    }else{
        if(unit === "km"){
            R = 6371;
        }
    }

    var lat1InRadians = toRadians(lat1);
    var lat2InRadians = toRadians(lat2);
    var lng1InRadians = toRadians(lng1);
    var lng2InRadians = toRadians(lng2);
    var diffLat = lat2InRadians - lat1InRadians;
    var diffLng = lng2InRadians - lng1InRadians;
    var a = Math.sin(diffLat/2) * Math.sin(diffLat/2) +
        Math.cos(lat1InRadians) * Math.cos(lat2InRadians) * Math.sin(diffLng/2) *
        Math.sin(diffLng/2);
    var c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1-a));
    var dist = R * c;
    /** Calculating navigation bearing */
    var y = Math.sin(diffLng) * Math.cos(lat2InRadians);
    var x = Math.cos(lat1InRadians)*Math.sin(lat2InRadians) -
        Math.sin(lat1InRadians)*Math.cos(lat2InRadians)*Math.cos(diffLng);
    var brng = Math.atan2(y, x) * (180.0/Math.PI);
    var direction = (brng+360.0) % 360;
    return {dist, direction};
}
```

Em seguida são aplicados os filtros aos trajetos, ou seja, são guardados os dados relativos aos períodos do dia definidos nos filtros. Sabendo o tempo/data (neste caso a hora) associado a cada ponto selecionado previamente, é possível guardar apenas aqueles que ocorreram no período de tempo selecionado.

Em seguida calculam-se as velocidades médias ocorridas na parte de cada trajeto englobado no raio de agregação. Segue-se o cálculo da velocidade média de todo o trajeto.

Com os dados recolhidos é criada a rosa dos ventos, e são adicionados os *listeners* aos botões, os quais permitem a interação com a rosa. Quando os botões são clicados os valores mostrados são alterados conforme a seleção efetuada e a rosa é recriada com os novos valores. Pode-se alterar o raio de agregação e escolher diferentes períodos do dia. As pétalas são criadas com base nas velocidades médias dos trajetos englobados no raio de agregação.

Ponto central da rosa dos ventos

Após os trajetos, que fazem parte do raio de agregação, terem sido desenhados no mapa, pode-se escolher qualquer ponto em qualquer dos trajetos e nesse ponto é criado um marcador com um algarismo, e é gerada uma rosa dos ventos associada a esse marcador. A rosa dos ventos gerada agrega dados dos trajetos que estejam dentro de um determinado raio, cuja predefinição é 100 metros, mas pode ser alterado através de interação do utilizador com os botões respetivos. Na Figura 16 pode observar-se um mapa (cujo mapa e trajetos são representados na Figura 15), contendo um marcador com o algarismo 1, representando o ponto que corresponde ao centro da rosa, e o qual dá informação (é o ponto clicado pelo utilizador).

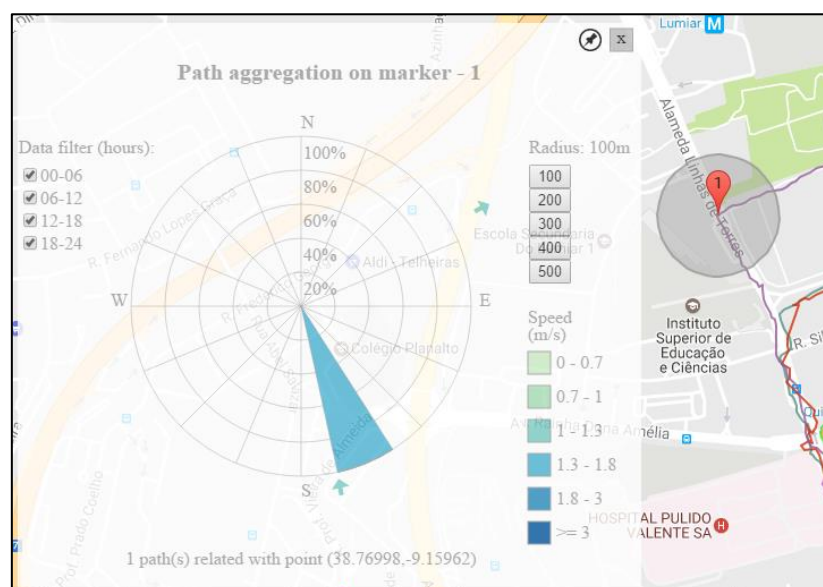


Figura 16 – Cenário após o clique num ponto de um trajeto

O marcador é desenhado na mesma altura que é gerada a rosa dos ventos, como é visível na Figura 16. Por fim, pode observar-se um círculo em redor do marcador, caso este tenha sido clicado. Este círculo representa a área cujos dados estão a ser recolhidos e agregados. Isto permite ao utilizador ter a perceção visual dos trajetos que fazem parte da agregação dos dados.

Interação com a rosa dos ventos

Alteração do raio de forma dinâmica

O texto sobre o botão com número 100 na Figura 16 indica que o raio de agregação de dados é 100 metros e corresponde também ao raio da circunferência associada ao marcador no mapa. Os botões numerados (100, 200, 300, 400, 500) permitem a alteração do raio de agregação de dados. Analisando a Figura 17 vê-se que o raio da circunferência aumentou em relação à circunferência na Figura 16, sendo de igual modo visível que o texto, por cima do botão com número 100, também está diferente (houve uma alteração do raio de 100 metros para 200 metros). Um clique sobre um dos botões numerados resultará na mudança do raio para um raio com o mesmo número de metros correspondente ao número do botão.

Com a mudança de raio da Figura 16 para a Figura 17 podem observar-se várias outras alterações para além da circunferência e do texto acima dos botões. Pode também observar-se que as pétalas da rosa dos ventos mudaram, bem como a percentagem mostrada na grelha, as setas em redor da rosa dos ventos e finalmente o texto do rodapé.

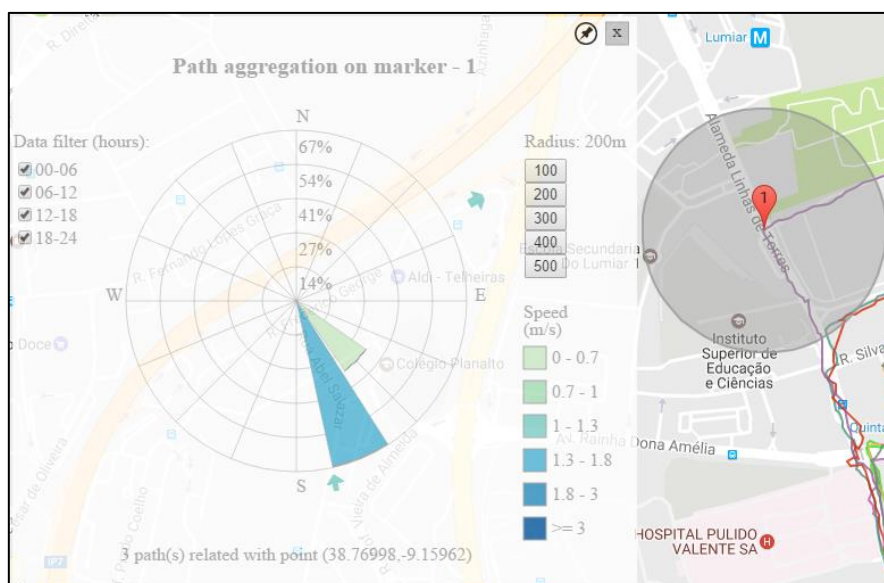


Figura 17 - Rosa dos ventos com raio e agregação de 200m

O texto em rodapé dá a informação das coordenadas, latitude e longitude, do ponto que foi clicado e quantos trajetos estão a ser agregados. No caso da Figura 16, apenas os dados de um trajeto estavam a ser utilizados (visivelmente comprovado pelo facto do raio a circunferência na imagem apenas intercetar um trajeto); no caso da Figura 17 o texto em rodapé dá-nos a indicação que os dados de 3 trajetos estão a ser agregados (neste caso também é visível que a circunferência está a abranger mais trajetos do que na Figura 16).

As percentagens mostradas nas grelhas das Figura 16 e Figura 17 são diferentes apesar de apenas o raio ter sido alterado, devendo-se isto a, no primeiro caso (Figura 16) 100% dos trajetos considerados estarem na mesma direção. O mesmo não se verificando no segundo caso (Figura 17), que considera que 67% dos trajetos, ou seja, dois em três trajetos estão numa direção e um terceiro trajeto está noutra. É de notar que a pétala com maior comprimento interceta sempre o maior círculo da grelha e a percentagem mostrada nesse círculo é igual à percentagem representada pela maior pétala.

A mudança no número de pétalas, neste caso, ocorre com o alargamento do raio de abrangência da recolha de dados, pois passam a ser intercetados mais trajetos. Os trajetos, provenientes de uma direção não abrangida pela única pétala visível na Figura 16, são detetados, criando assim a necessidade de uma pétala adicional, cuja direção em relação ao ponto clicado coincide com a direção do trajeto não abrangido pela primeira pétala. As cores das pétalas são diferentes devido ao facto de os trajetos abrangidos nas diferentes direções terem velocidades médias também diferentes. Cada pétala na Figura 17 só tem uma cor pois os trajetos abrangidos numa mesma direção têm uma velocidade média dentro do mesmo intervalo de valores.

Outra mudança observada entre as rosas das Figuras Figura 15 e Figura 16, ainda que muito subtil, é a sobreposição de setas observada na Figura 16 mas no âmbito deste trabalho esta questão não foi abordada.

Na Figura 16 pode observar-se que no único caminho cujos dados são agregados, o início do trajeto (seta de origem) tem a mesma direção que o início da parte desse mesmo trajeto que está a ser analisado pois a análise dos dados é feita consoante os dados dentro do raio de abrangência. Já a seta de destino tem uma direção diferente da pétala.

No caso da Figura 18 pode verificar-se outra situação, isto é, a seta de origem (início do trajeto total) vem de uma direção (sul) que é diferente da direção da pétala,

porque tendo em conta o raio de abrangência (100m) para a recolha de dados, o início do trajeto situa-se noutra direção (sudoeste). Finalmente pode ver-se que, neste caso, a direção da pétala corresponde à direção da seta de saída (nordeste).

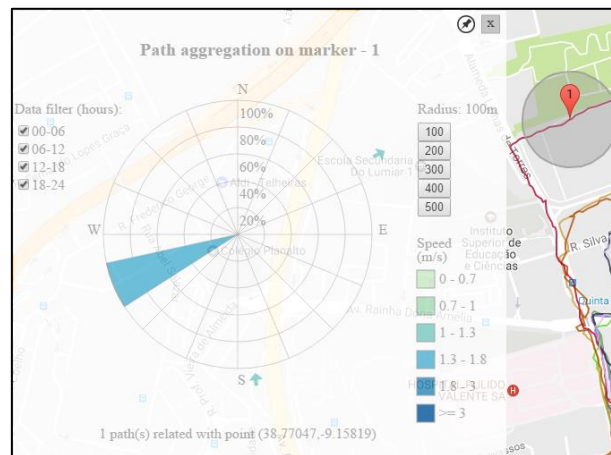


Figura 18 - Rosa dos ventos com a direção da pétala diferente da direção da seta de origem

Também é visível na Figura 16 e Figura 18 que a cor das setas é diferente da cor da pétala, isto porque a velocidade média do trajeto no global é inferior à velocidade média das partes dos trajetos abrangidos pelo raio de agregação analisados e representados nas pétalas.

Aplicação de filtros

Um dos requisitos do trabalho era a aplicação de filtros aos dados dos trajetos, nomeadamente por períodos do dia. Na aplicação rosa dos ventos o método para aplicar estes filtros é através das *checkboxes* que se encontram ao lado esquerdo da rosa dos ventos (ver Figura 18), que contemplam as opções seguintes:

- Madrugada - 00h até às 6h
- Manhã - 06h até às 12h
- Tarde - 12h até às 18h
- Noite - 18h até às 24h

É visível ainda que todas as *checkboxes* estão seleccionadas, significando que todos os períodos estão a ser considerados para a construção do gráfico da rosa dos ventos na Figura 16.

A Figura 19 apresenta um gráfico sem o filtro correspondente à madrugada e não houve qualquer alteração em relação ao da Figura 17. O motivo relativo ao facto de na

amostra de dados recolhida não haver qualquer trajeto nesse período, portanto não houve alteração no gráfico.

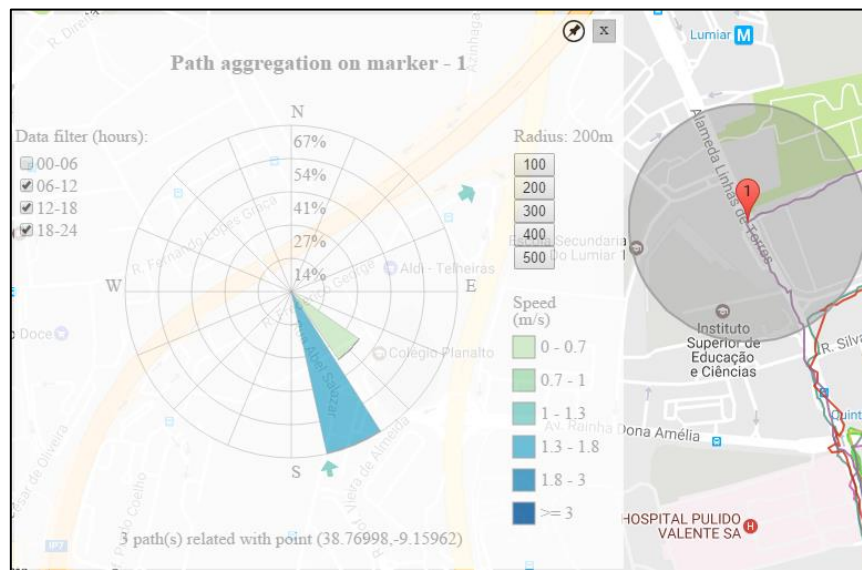


Figura 19 - Rosa dos ventos sem o filtro no período entre as 00h e as 6h

No caso da Figura 20 nota-se o impacto que teve a inibição do período da tarde: dois dos trajetos que estavam a ser considerados para o gráfico deixaram de existir, visto que a hora em que estes foram criados fazia parte do período entre as 12h e as 18h, logo apenas um trajeto continuou a ser considerado, alterando assim o número de pétalas e a percentagem na grelha. Como apenas existe um trajeto que satisfaz os filtros, esse trajeto representa 100% dos dados.

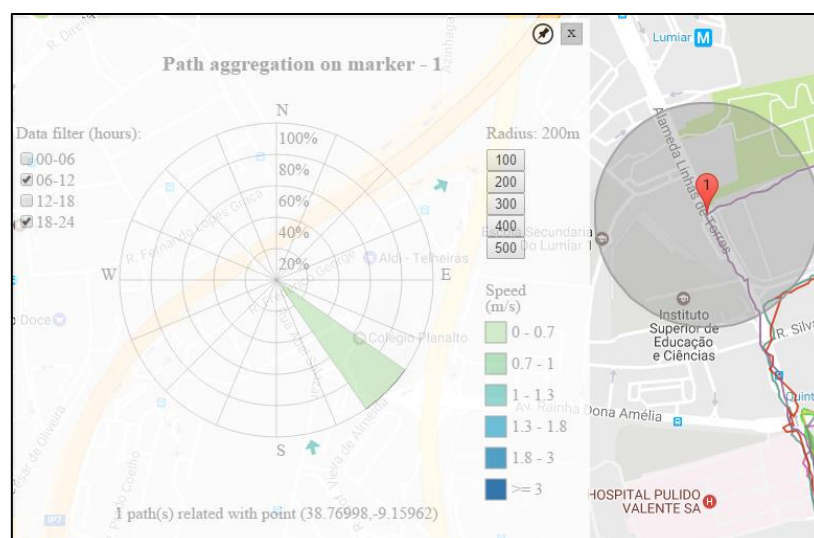


Figura 20 - Rosa dos ventos sem o filtro nos períodos entre as 00h e as 6h e entre as 12h e as 18h

Como último exemplo da utilização de filtros, tem-se o da Figura 21, em que nenhum dos trajetos verifica os critérios. É de notar que uma das *checkboxes* continua selecionada, mas como os trajetos abrangidos pelo raio de agregação não se efetuaram durante este período, o mesmo não é relevante para o gráfico rosa dos ventos.

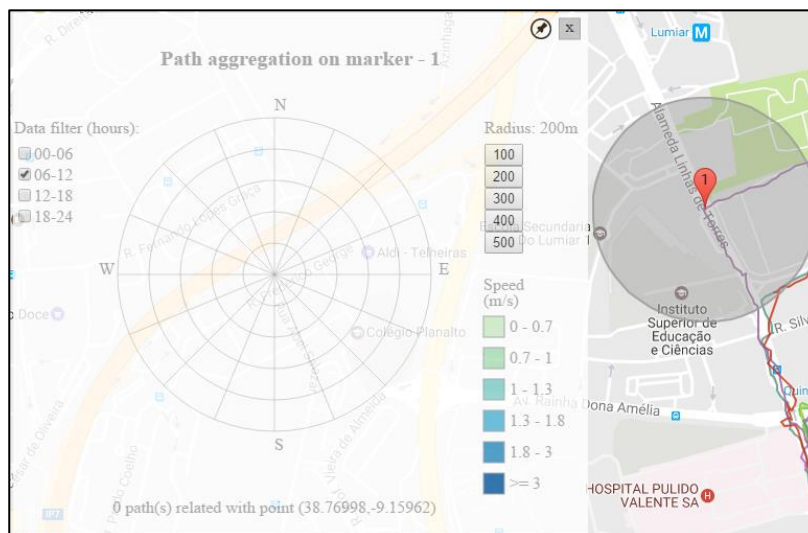


Figura 21 - Rosa dos ventos sem os períodos da madrugada, tarde e noite

Botões utilitários

O botão que tem um “X” permite fechar a rosa. O botão com o *pin* permite mudar o estado da rosa dos ventos entre amovível e estático. Uma das vantagens de poder estar estática é o facto de se poder seleccionar informação (como a latitude e longitude) que é apresentada em forma de texto na rosa dos ventos. Uma vantagem de ser móvel é a rosa poder ser colocada em qualquer lugar do ecrã de modo a facilitar a visualização da área do mapa.

Múltiplas rosas dos ventos no mesmo mapa

A capacidade de representar graficamente o fluxo de movimentações numa determinada área tendo um ponto como referência é interessante, mas a possibilidade de comparar os fluxos em diversos pontos diferentes e visualizá-los no mesmo ecrã, pode abrir novas possibilidades de análise.

A Figura 22 mostra uma situação com 3 rosas dos ventos, referentes a pontos diferentes, no ecrã. A aplicação rosa dos ventos, foi programada tendo presente a possível necessidade de se poderem apresentar várias rosas dos ventos, representando dados de pontos diferentes

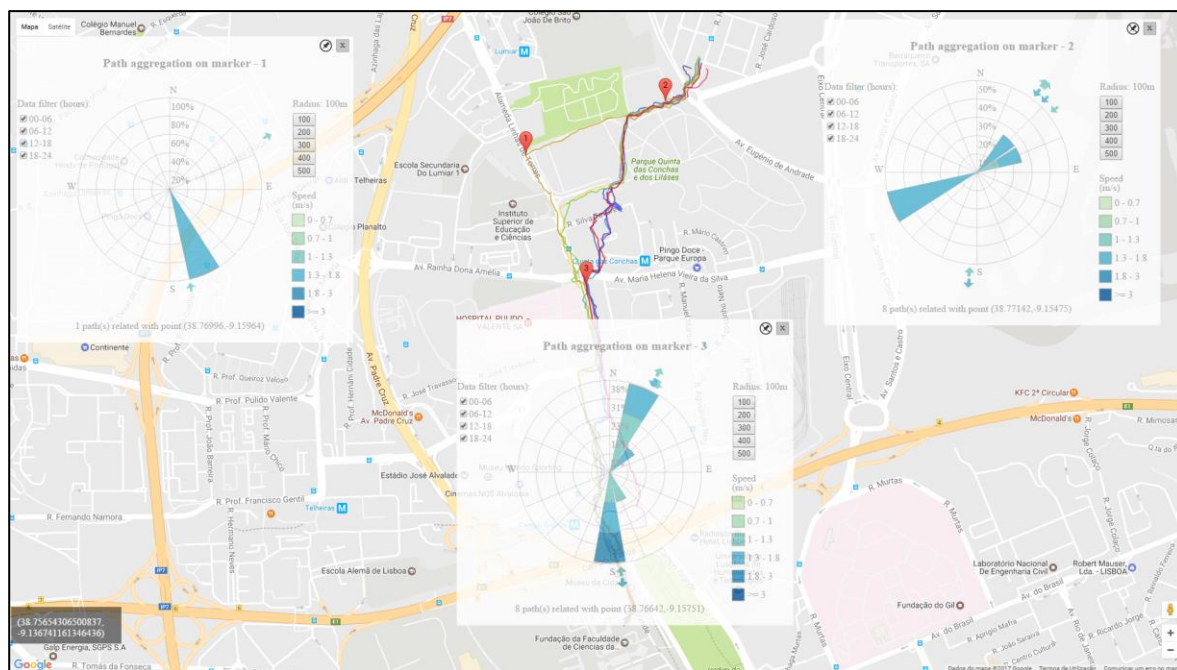


Figura 22 - Múltiplas rosas dos ventos no mesmo mapa

3.3.3 Funcionamento interno da rosa dos ventos

Para a aplicação rosa dos ventos, é necessário criar um *webserver* local, que permita a leitura de ficheiros. Neste projeto foi utilizado o pacote XAMPP, que permite a criação de um *webserver* local.

O primeiro passo é ligar o *webserver*, em seguida deve-se abrir um *browser web* e colocar o url, *localhost/windrose/index.html*.

Ao arrancar, é aberto o ficheiro com os dados (ficheiro GPX), que está guardado na raiz do *webserver*, e são extraídas todas as informações do mesmo, isto é, o número de trajetos, os pontos (latitude e longitude) que integram cada trajeto, a hora e data a que foram registados cada ponto, as suas velocidades instantâneas e elevação.

Após o carregamento da página *index.html*, ocorre um pedido de visualização do mapa. Em seguida, os trajetos extraídos são desenhados no mapa recorrendo a um tipo de objeto acessível na API Google Maps com o nome *polyline*, cada *polyline* tem uma cor aleatória que é obtida através de uma chamada a uma função auxiliar. Cada trajeto no mapa é um objeto clicável, e ao clicar é despoletada uma ação, ou seja, cada linha tem um *listener* que está à espera que a linha seja clicada.

Quando há um clique num qualquer ponto de uma *polyline* é recolhida a latitude e a longitude do ponto clicado fornecidos pela Google. Este ponto é comparado com a

lista de pontos referentes a este trajeto, obtida pelo ficheiro GPX, e o ponto mais próximo é considerado o ponto respetivo. Este passo tem de ser feito pois apesar das *polylines* serem desenhadas com base nos pontos recolhidos, por vezes o ponto que se obtém ao clicar na *polyline* não coincide com nenhum ponto existente nos dados. Assim é necessário determinar qual o ponto mais próximo entre o ponto clicado e os pontos presentes nos dados. Em seguida verificam-se quais pontos estão dentro do círculo de raio selecionado (100, 200, 300, 400 ou 500 metros). Para tal, é feita uma comparação, do ponto clicado, com todos os pontos no mapa e são filtrados aqueles que estão no raio definido.

Tendo em conta que para existir um trajeto são necessários pelo menos dois pontos, pode acontecer um trajeto ser intersetada num só ponto pelo raio de agregação, e este não ser representado na rosa dos ventos pois não é considerado como sendo um trajeto. Esta situação pode gerar uma rosa dos ventos sem pétalas pois se o ponto clicado é o único dentro do raio de agregação, não há um trajeto dentro dessa área.

Em seguida, se existirem filtros de hora para adicionar, verifica-se no conjunto de pontos recolhidos quais os que têm as suas horas nos intervalos permitidos. Caso não haja filtros, é apresentada no ecrã a rosa dos ventos com as características pretendidas.

Capítulo 4

Testes com utilizadores

Esta secção descreve a avaliação da usabilidade da rosa dos ventos no sentido de compreender a sua utilidade como ferramenta de apoio à decisão e de análise de padrões e tendências. Para tal, foi criada uma aplicação de testes, que integram na aplicação *web* um gerador cenários de análise de trajetos com rosas dos ventos. Em cada cenário foi colocada uma de cinco questões ao utilizador que se apresentam na secção seguinte.

4.1.1 Aplicação de testes rosa dos ventos

A aplicação de testes rosa dos ventos foi criada com o intuito de recolher dados do desempenho dos participantes no teste. Tal como na aplicação rosa dos ventos a interface da aplicação de testes é constituída maioritariamente por um mapa no qual são desenhados trajetos, mas adicionalmente existe uma caixa de inserção de texto e um botão no canto superior esquerdo (ver Figura 24). Na caixa é inserido o número do teste e o botão permite o investigador iniciar o teste.

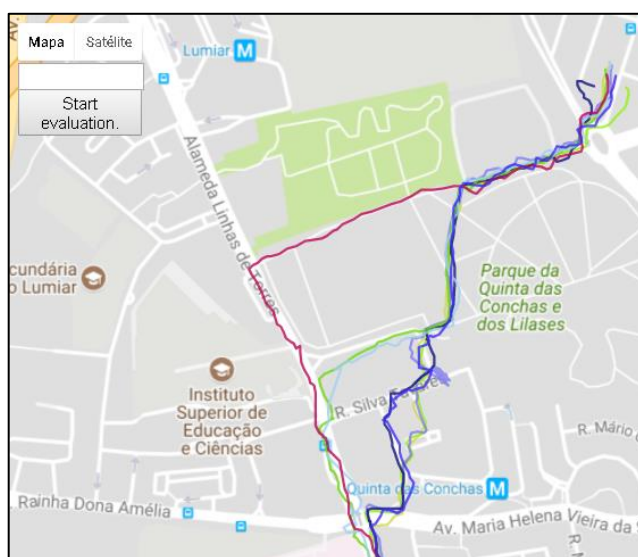
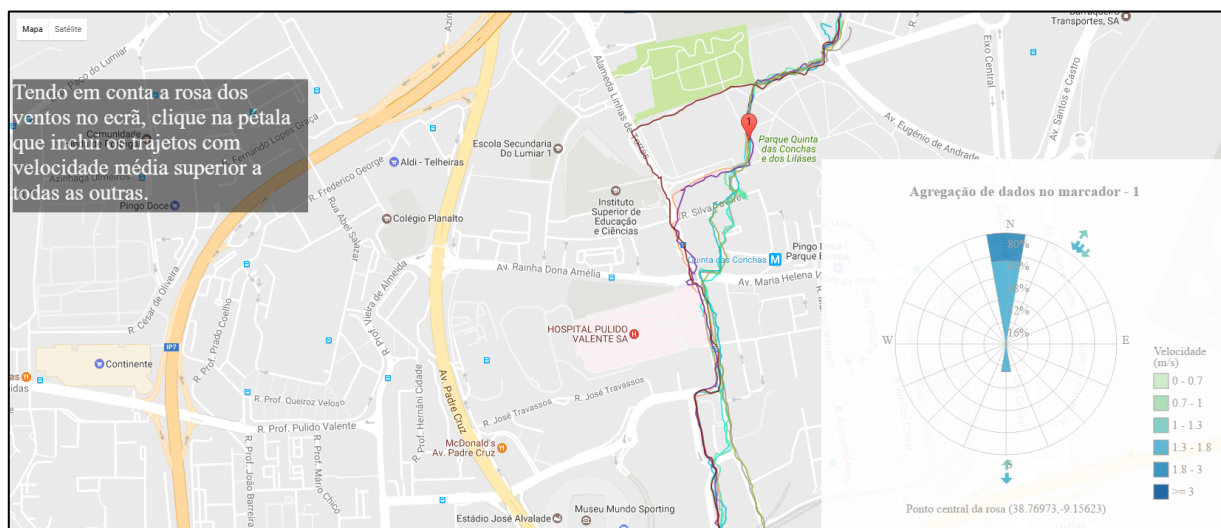


Figura 24 - Botão que permite iniciar o teste na aplicação de testes

Após iniciado o teste, esta aplicação mostra um cenário que inclui uma rosa dos ventos, gerada automaticamente, que não possui as *checkboxes* para aplicar os filtros, os botões para alterar o raio de agregação, o botão de fechar e o botão *pin*. A rosa apresentada é estática e os seus dados não podem ser alterados.

No canto superior esquerdo encontra-se a questão que o participante deve



responder (ver Figura 25).

Figura 25 - Exemplo de uma questão da aplicação de testes rosa dos ventos

Comparando as Figuras Figura 25 e Figura 26 pode observar-se o caso em que os cenários apresentados são diferentes e apesar das questões colocadas ao participante serem as mesmas.

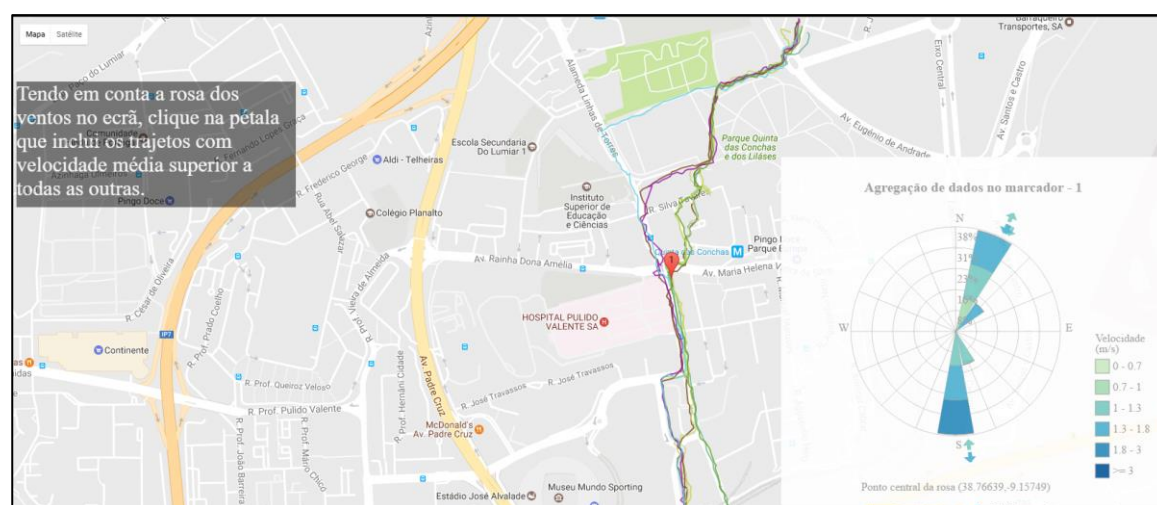


Figura 26 - Exemplo de uma questão da aplicação de testes rosa dos ventos igual à da Figura 25 com uma rosa dos ventos diferente

Após cada resposta, os resultados são registados em texto, na página do teste numa secção abaixo do mapa que está escondida do utilizador (ver Figura 27).

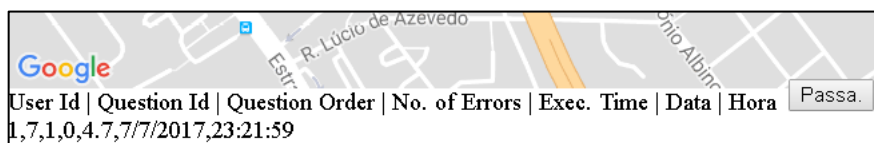


Figura 27 - Recolha de dados na aplicação de testes

Esta secção possui também um botão com a descrição “Passa” que serve para passar a questão caso o participante não queira responder.

4.1.2 Participantes

Os testes contaram com a participação de 19 pessoas, 12 mulheres e 7 homens recrutados através de contactos sociais, tendo a sua participação sido voluntária e gratuita. A idade média foi 37 anos e a mediana de 42 anos. Cinco dos participantes tinham entre os 14 e os 29 anos, sete eram da faixa etária entre os 30 e os 46 anos e os restantes sete participantes tinham mais de 46 anos. Os participantes têm várias profissões. Quanto à experiência a ler mapas, três dos participantes possuíam muita, enquanto os dezasseis restantes se dividiam pela metade entre pouca e razoável experiência. Relativamente ao conhecimento do tipo de gráfico rosa dos ventos, quinze dos participantes nunca tinham tido contacto com rosas dos ventos e quatro participantes já as conheciam.

4.1.3 Aparato

O estudo foi realizado sem interferências externas, com a aplicação a ser executada num computador com rato, de 13.3 polegadas com uma resolução de 1920x1080 *pixels*, 16 GB de memória RAM, *hdd* de 500GB e *ssd* de 120 GB. O *software* utilizado para o teste foi a aplicação de testes rosa dos ventos que é executada num *browser web*. O computador foi colocado à frente do participante, que teve total liberdade para movimentar o ecrã e o próprio computador de forma a se sentir confortável.

Todos os participantes estiveram sujeitos às mesmas condições, isto é, responderam ao teste com o mesmo computador e sem qualquer interação com terceiros, que não estivesse prevista. A única interação com terceiros prevista seria no

caso de o participante não querer responder a uma questão, poderia solicitar ao investigador que este passasse à questão seguinte. Esta situação nunca se verificou.

4.1.4 Tarefas

A cada participante foram apresentados dez cenários. Em cada cenário era colocada uma questão, sendo que, apenas havia cinco questões que eram repetidas uma vez de forma a haver uma pergunta para dois cenários diferentes.

Em seguida encontram-se listadas as cinco questões colocadas aos participantes:

1. "Tendo em conta a rosa dos ventos no ecrã, clique na pétala que inclui o maior número de trajetos."
2. "Tendo em conta a rosa dos ventos no ecrã, clique na pétala que inclui os trajetos com velocidade média superior a todas as outras."
3. "Utilizando apenas as setas em redor da rosa dos ventos, clique na seta de destino do trajeto com maior velocidade média."
4. "Tendo em conta os marcadores no mapa, clique no marcador que corresponde à rosa dos ventos no ecrã."
5. "Utilizando apenas as setas em redor da rosa dos ventos, clique na seta de origem do trajeto com maior velocidade média."

O teste realizado para este estudo é respondido exclusivamente com cliques de rato, nas pétalas, marcadores ou setas origem/destino, conforme indicado na questão. As respostas foram dadas posicionando o cursor com o rato e fazendo clique com o botão esquerdo.

4.1.5 Design

Esta aplicação de testes foi concebida para ter 10 cenários diferentes, mas apenas 5 questões, isto é, cada uma das questões foi apresentada duas vezes ao utilizador para se registar duas vezes os resultados. Estas questões foram apresentadas a cada participante de forma aleatória.

Para cada participante foram registados os tempos em segundos que cada questão demorou a ser respondida e número de erros dados nessas questões.

Cada questão permite 3 respostas erradas, ao fim dos quais o sistema passa automaticamente à questão seguinte. Quando um participante clica com o botão esquerdo do rato para responder à questão, num local que não corresponde à resposta

certa, é considerado um erro. Estes erros são contabilizados, bem como o tempo, em segundos, que cada questão demora a ser respondida. Uma questão considera-se respondida se ocorrer um dos três cenários possíveis: quando é dada a resposta correta, quando são dados 3 erros seguidos na mesma resposta ou se o participante pedir para mudar de questão. O teste não tem limite de tempo.

Para evitar efeitos de aprendizagem as questões colocadas a cada participante surgiram de forma aleatória. Todas as questões possuem um identificador único e a ordem pela qual as questões foram respondidas também foi registada.

4.1.6 Procedimento

Cada participante no estudo começou por responder a um questionário onde preencheu os seguintes dados: género, idade, profissão, experiência de leitura de mapas no *browser* e se já tinha tido contacto com uma rosa dos ventos em mapa.

Aos participantes foi feita uma breve explicação sobre o modo de leitura de uma rosa dos ventos. Para o efeito, foi mostrado pelo investigador um mapa com trajetos desenhados, dos quais este escolheu uma, gerando assim uma rosa dos ventos e um marcador associado ao ponto clicado. Com estes elementos no ecrã foram então dadas aos participantes as informações necessárias para o teste poder ser realizado, nomeadamente a relação entre a escala de cores presente nas pétalas e a sua respetiva legenda, a relação entre as pétalas e os trajetos visíveis no mapa e o significado das setas de origem e destino e das suas cores, considerando o marcador no mapa.

Terminada a explicação, o investigador iniciou a aplicação de testes e cada participante executou o teste de forma isolada, independente e sem interferências.

4.1.7 Resultados

Nesta secção são apresentados os resultados dos testes.

Na Figura 28 pode observar-se o tempo médio, representado pela barra preta, que cada questão demorou a ser respondida. Os valores oscilam entre 2.8 (mínimo) e 205.80 (máximo) segundos e têm uma média de 23.85 segundos.

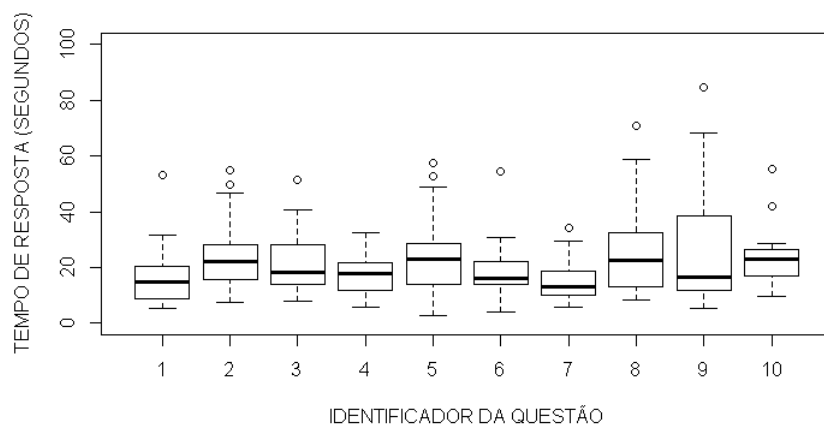


Figura 28 – Tempo de resposta às questões tendo em conta a ordem pela qual foram definidas

O *boxplot* da Figura 29 mostra os tempos de resposta, pelos utilizadores, às questões, tendo a conta a sua ordem de apresentação, visto que as perguntas eram apresentadas aos utilizadores de forma aleatória.

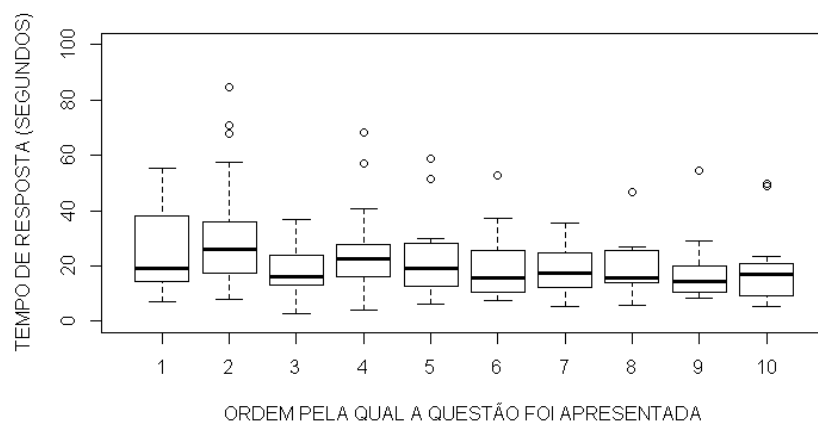


Figura 29 – Tempos de resposta às questões tendo em conta a ordem pela qual foram apresentadas

Na Figura 30 pode ver-se a duração de cada teste para cada participante. Os tempos médios aparentam ser bastante próximos, excetuando o do participante 2, que teve um tempo médio um pouco inferior aos restantes e do participante 3 com um tempo médio bastante superior.

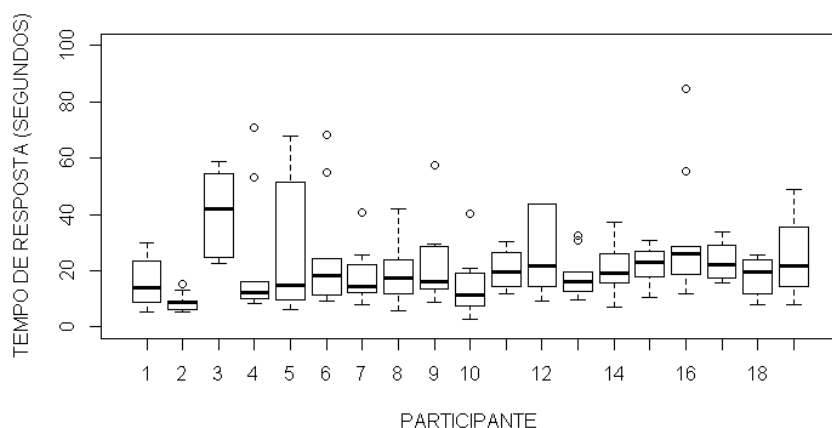


Figura 30 - Duração do teste por participante

Na Figura 31 pode observar-se o *boxplot* que representa a duração de cada teste por faixa etária. Também neste caso o tempo médio foi bastante idêntico, pelo que não houve nenhuma faixa etária que se destacasse.

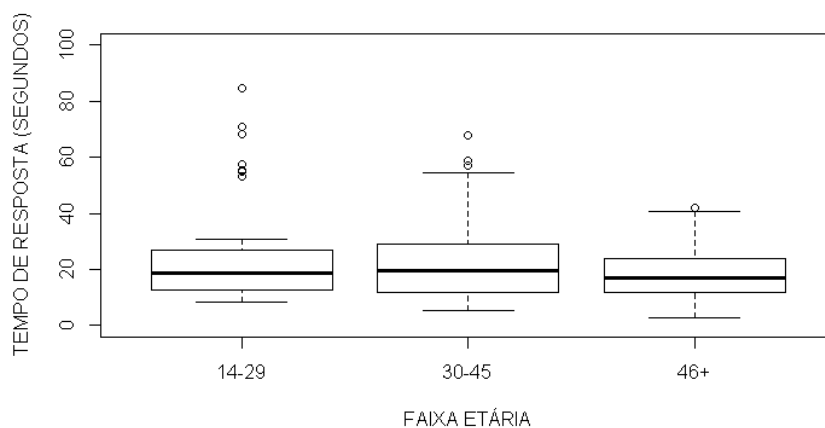


Figura 31 – Tempos de resposta por faixa etária

Na Figura 32, o *boxplot* mostra a duração do teste tendo em conta a experiência a ler mapas dos participantes. O tempo médio de resposta foi bastante idêntico, apesar de, curiosamente os participantes com menor experiência a ler mapas terem tido um tempo médio de 16.1 segundos enquanto os participantes com mais experiência terem tido um tempo médio de 20.65 segundos.

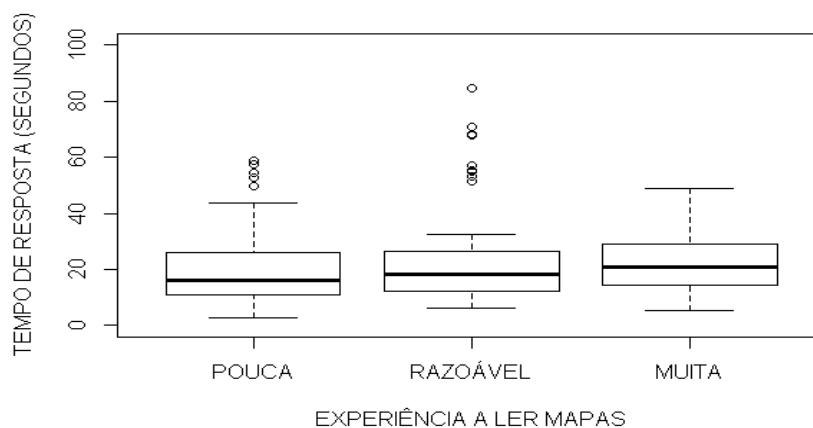


Figura 32 - Tempos de resposta tendo em conta a experiência na leitura de mapas

O *boxplot* da Figura 33 tem os participantes divididos de acordo com o seu contacto prévio com a rosa dos ventos e neste caso pode observar-se que, mesmo não havendo grande discrepância nos tempos médios, os testes do grupo de participantes que teve contacto prévio com a rosa dos ventos tiveram em média uma menor duração.

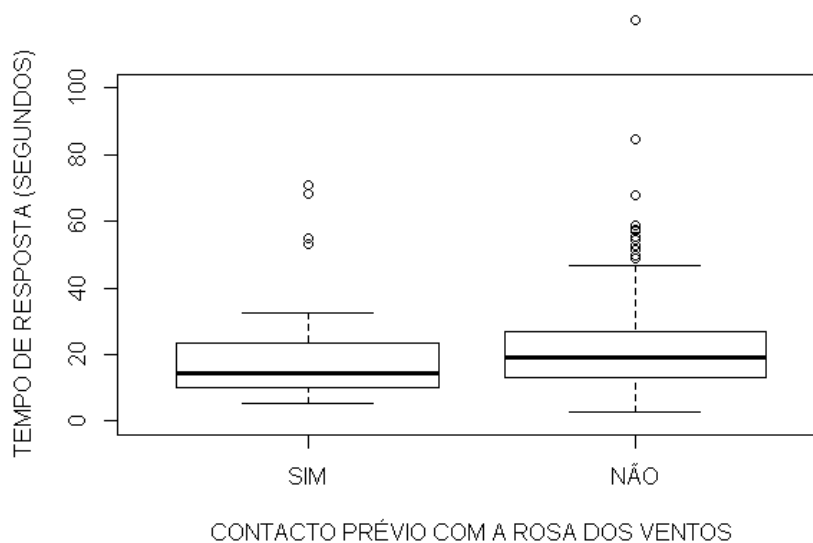


Figura 33 - Tempos de resposta às questões por contacto prévio com a rosa dos ventos

A Figura 34 mostra um *boxplot* da quantidade de erros cometidos por cada participante, por pergunta. Pode observar-se que a mediana dos erros é zero para todas as perguntas, o que significa que praticamente não houve erros.

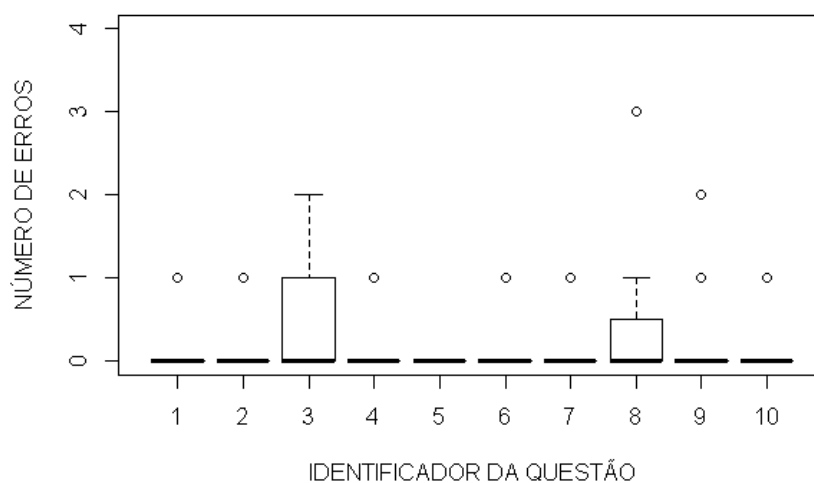


Figura 34 – Número de erros por questão

Na Figura 35 o gráfico de barras mostra a quantidade de erros que cada participante deu. Como, por pergunta, era possível errar até três vezes, o eixo das ordenadas neste gráfico, representa o número de ocorrências. Por exemplo, observando as barras correspondentes ao primeiro participante percebe-se que este deu 1 erro em três ocorrências diferentes, ou seja, em três perguntas. O terceiro participante, por exemplo, deu 1 erro em duas perguntas diferentes e deu 2 erros noutra pergunta, teve, portanto, um total de 4 erros.

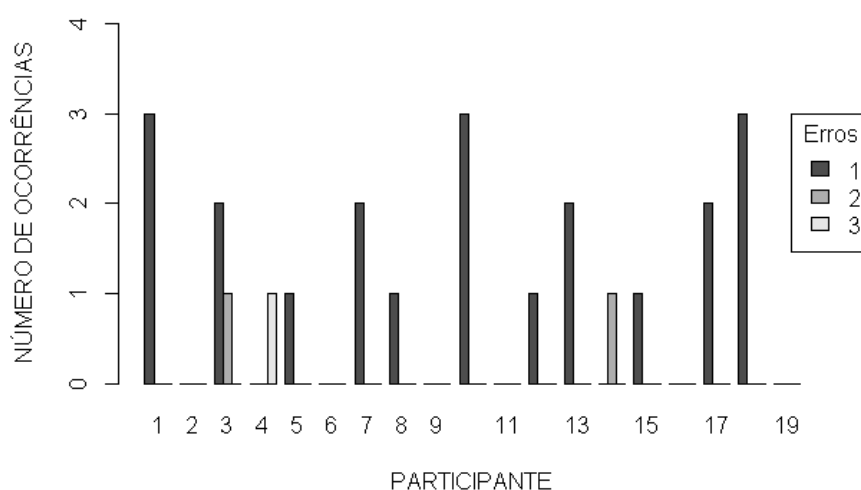


Figura 35 - Número de erros por utilizador

Na Figura 35, pode observar-se a quantidade de erros dos participantes, agrupados por faixa etária. Por exemplo, a faixa etária acima dos 46 anos foi a que mais vezes errou por 1 vez, esta situação verificou-se em mais de dez respostas; e a faixa etária entre os 14 e 29 anos foi a única que teve um participante a errar por 3 vezes numa só questão.

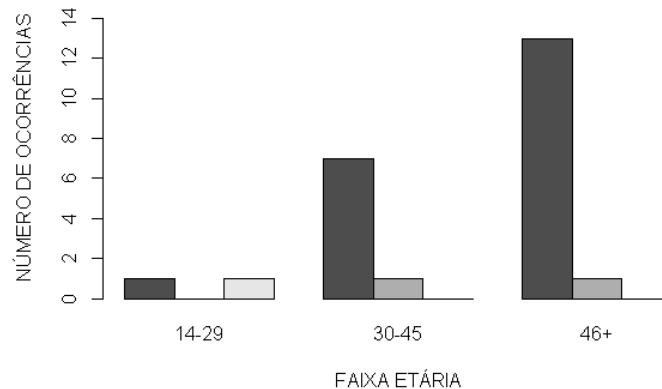


Figura 36 – Quantidade de erros por utilizador agrupados pela faixa etária

Finalmente foram gerados os *boxplot* das Figuras Figura 37 e Figura 38 que mostram respetivamente a quantidade de erros dos participantes agrupados pela sua experiência a ler mapas e agrupados pelo seu contacto prévio com a rosa dos ventos. Em ambos os casos pode observar-se que o conhecimento que os participantes já possuíam antes do teste não foi um fator determinante no seu desempenho, pois foram detetados erros em todos os grupos.

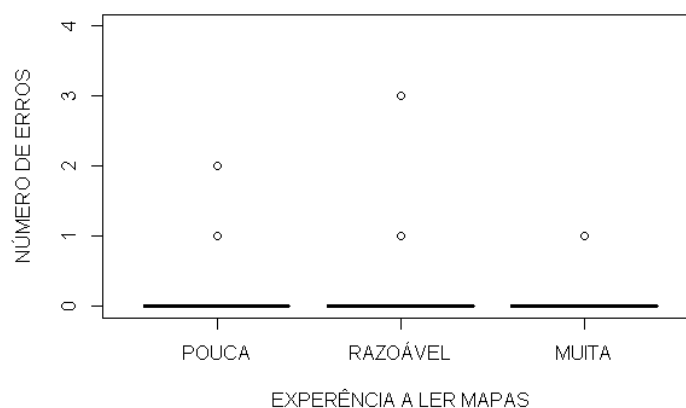


Figura 37 - Quantidade de erros por utilizador tendo em conta a sua experiência a ler mapas

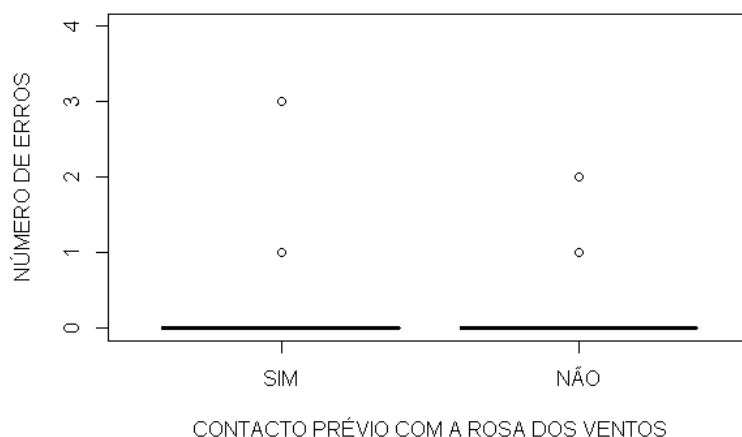


Figura 38 - Quantidade de erros por utilizador tendo em conta o seu contacto prévio com a rosa dos ventos

4.1.8 Discussão

Nesta secção são apresentadas as conclusões retiradas e tendências encontradas a partir da análise dos gráficos. Os resultados destes testes mostram que os participantes responderam com facilidade às questões propostas, pois apenas houve 9% do número de erros possíveis (28 erros em 300 possíveis, visto cada participante poder errar uma questão três vezes). Os resultados mostram que não houve grande dificuldade na compreensão dos cenários colocados no teste, isto porque as medianas dos tempos de resposta não sofrem grandes alterações de participante para participante e a mediana de erros de todos os participantes encontra-se nos 0 erros. Embora um dos participantes tenha errado três vezes a mesma questão, seis participantes não deram qualquer erro como mostra a Figura 35. A frequente ausência de erros poderá indiciar que as questões eram simples e que os participantes conseguiram retirar as informações consideradas pertinentes relativamente à leitura da rosa dos ventos adaptada à análise de trajetos. Os participantes identificaram corretamente, numa rosa dos ventos, o marcador correspondente num mapa relativamente a trajetos, velocidades médias e setas de destino e origem.

Na Figura 28 é mostrado como a mediana dos tempos de resposta a cada pergunta foi idêntica. Este facto pode indiciar que as questões não tinham um grau de dificuldade muito diferente. Contudo, os dados da Figura 34 mostram que as respostas 3 e 8 são aquelas com maior número de erros. A quantidade de erros nestas duas questões pode

ser justificada pelo facto de a pergunta ser a mesma, mas a situação apresentada ser diferente. Considerando que os tempos de resposta foram idênticos entre todas as questões, o problema não terá sido dificuldade na compreensão da questão. Uma possibilidade que pode explicar o maior número de ocorrências de erros nestas questões é a escala de cores utilizada, pois nesta pergunta a resposta é baseada nas cores das setas em redor da rosa dos ventos, e a escala com uma gradação de cores linear poderá ter afetado as respostas de alguns dos utilizadores.

O grupo de participantes com contacto prévio com uma rosa dos ventos teve um tempo médio de resposta 4.8 segundos mais rápido do que o grupo sem contacto, considerando que a mediana do tempo de resposta dos participantes que não tiveram contacto prévio com a rosa dos ventos ter sido de 19.15 enquanto que a dos restantes participantes foi de 14.35. A diferença entre os tempos médios de resposta de ambos os grupos, mas sobretudo a generalizada ausência de erros, permite-nos concluir que o contacto prévio com uma rosa dos ventos não é um fator condicionante para o entendimento da rosa dos ventos, embora permita uma maior velocidade de resposta.

As respostas mais rápidas foram na identificação da pétala com mais trajetos agregados, ou seja, a maior pétala de todas, o que poderá ser mais fácil de analisar por comparação à análise de regiões coloridas dentro das pétalas.

A existência muito reduzida de erros e os tempos de resposta indiciam que os elementos gráficos da rosa são fáceis de compreender e que a introdução de setas em redor das pétalas não adicionou dificuldades.

Os resultados obtidos são um indicador da facilidade de leitura da rosa dos ventos no contexto de análise de trajetos num mapa pelo que poderá ser uma ferramenta útil no apoio à decisão.

Capítulo 5

Conclusão

Para concluir este relatório são em seguida discutidas as principais contribuições, competências adquiridas e trabalho futuro.

5.1 Principais contribuições

Neste PEI, as contribuições estão relacionadas com os três objetivos propostos e com a elaboração do artigo “Sistema de Análise de Trajetos com Rosas dos Ventos” [30].

Em primeiro lugar foi criada uma biblioteca em JavaScript que permite a representação de dados agregados sobre trajetos pessoais em gráficos do tipo rosa dos ventos com a possibilidade de manipulação de aspetos de desenho. A biblioteca foi avaliada em função da sua capacidade de utilização no contexto da aplicação rosa dos ventos. Neste contexto, a biblioteca criada cumpre todas as funcionalidades desejadas, nomeadamente, receber um conjunto de dados relativos a velocidades e direções e com base nos mesmos desenhar uma rosa dos ventos, bem como desenhar botões aos quais pode ser adicionada interatividade.

Em segundo lugar, a criação de uma aplicação que permite a visualização de dados sobre trajetos pessoais agregados, facilitando a leitura dos mesmos quando são relativos a um grande número de trajetos num mapa. É possível visualizar velocidades médias, direção e ponto de origem de diversos trajetos em simultâneo, através da criação de rosas dos ventos em pontos escolhidos de um trajeto. Esta aplicação desempenha as funções propostas no segundo objetivo, ao permitir visualizar trajetos num mapa, a interação entre o utilizador e os trajetos representados, e que qualquer ponto de um trajeto seja clicável gerando assim uma rosa dos ventos que apresenta dados relacionados com o ponto clicado. É ainda possível aplicar filtros às rosas dos ventos geradas, de forma a visualizar dados relativos a diferentes períodos do dia e a alterar a área de agregação de dados.

A separação entre a biblioteca rosa dos ventos e a aplicação rosa dos ventos é uma contribuição porque permite a reutilização de apenas um dos componentes e uma manutenção mais fácil do sistema devido à sua modularização.

Em relação ao terceiro e último objetivo, pretendia-se retirar conclusões acerca da utilidade da rosa dos ventos no apoio à decisão e análise de tendências, para tal foi necessário realizar testes com utilizadores que permitiram avaliar a facilidade de leitura de uma rosa dos ventos. Foi criada uma aplicação de testes utilizada na recolha de dados sobre o desempenho dos participantes na leitura de uma rosa dos ventos e foram realizados inquéritos escritos que recolheram informação sobre dados pessoais, experiência a ler mapas e contacto prévio com rosas dos ventos. Os testes foram realizados com um número razoável de participantes, tendo em conta o tempo disponível.

5.2 Dificuldades e limitações

Inicialmente, houve alguma dificuldade em encontrar *software* que permitisse a liberdade de desenho pretendida, de forma a que cada componente da rosa dos ventos fosse um elemento independente. A independência entre elementos oferece uma maior liberdade na estruturação do projeto, pois possibilita a adição novas funcionalidades a cada elemento se necessário. No segundo ano apresentou-se uma dificuldade que foi o conciliar um trabalho a tempo inteiro com o PEI.

Ao nível das limitações, a aplicação rosa dos ventos não permite aplicar o mesmo filtro a várias rosas em simultâneo num mesmo mapa, ou seja, cada rosa tem apenas o seu controlo de filtros individual. Ao nível da análise de trajetos com múltiplas rosas dos ventos no ecrã o facto de ser impossível aplicar um filtro geral é limitativo, pois neste cenário seria mais célere a seleção de informação alterando a globalidade dos filtros nas rosas dos ventos, não tendo de efetuar o processo uma a uma. Esta funcionalidade poderá otimizar o tempo despendido na análise de dados por parte do decisor que utiliza o sistema.

5.3 Competências adquiridas

A principal competência adquirida foi alguma proficiência na linguagem JavaScript que é uma linguagem com a qual já tinha tido contacto, mas não com a

quantidade e complexidade exigida neste projeto. Foram também adquiridas competências quanto ao desenho com primitivas SVG, ao nível do domínio da linguagem de programação R, para a criação de gráficos com informação estatística, e quanto à leitura e interpretação dos dados representados nos gráficos. A utilização de ficheiros GPX proporcionou um primeiro contacto com ficheiros gerados por GPS, e desenvolver melhores capacidades de manipulação da linguagem XML.

Por fim, a experiência de conduzir testes com utilizadores foi nova e também gratificante. Os participantes mostraram interesse e entusiasmo pelo trabalho, considerando útil a forma como os dados sobre trajetos se encontravam apresentados.

É possível, portanto, afirmar que as competências adquiridas foram diversas e enriquecedoras, nomeadamente, o contacto com um tipo de representação gráfica desconhecida, a aprendizagem dos variados contextos e formas de leitura deste tipo de gráfico para poder decidir de que modo seria a implementação neste PEI, a aprendizagem e aprofundamento do conhecimento nas linguagens HTML, XML e JavaScript.

5.4 Trabalho futuro

Como trabalho futuro, pode ser alterada a forma como é tratada a situação em que há apenas um ponto um trajeto dentro do raio de agregação sendo que este não é considerado para os dados pois um ponto não representa um trajeto. Uma forma de suportar estes casos na representação da rosa dos ventos, pode passar por encontrar o ponto mais próximo do mesmo trajeto, que esteja fora do raio de agregação, e assim considerar o trajeto composto por estes dois pontos.

A ideia de, ou eliminar a necessidade de um servidor *web* ou tornar o projeto disponível *online* também pode ser contemplada em trabalho futuro.

Um tópico que não pode ser deixado de fora é a necessidade de permitir ao utilizador da aplicação a escolha dos ficheiros de trajetos que pretende analisar.

Há o desejo de aumentar as funcionalidades do sistema, incluindo novos filtros de agregação de trajetos, como é o caso das distâncias mínima e máxima até ao local de colocação da rosa, ou a possibilidade de controlar de forma síncrona várias rosas dos ventos para facilitar a comparação dos trajetos agregados em diferentes locais num mapa, poder-se-ia, ainda, adicionar filtros para seleccionar diferentes intervalos de velocidade.

Outra funcionalidade que poderá ser adicionada é mostrar o número de trajetos agregados numa pétala ao passar com o cursor do rato por cima dessa pétala, visto que uma pétala que tenha só uma cor pode conter mais do que um trajeto.

Bibliografia

- [1] H. L. Crutcher, «On the standard vector deviation wind rose», *Journal of Meteorology*, vol. 14, n. 1, pp. 28–33, 1957.
- [2] R. Conceição, M. Melgão, H. G. Silva, K. Nicoll, R. G. Harrison, e A. H. Reis, «Transport of the smoke plume from Chiado's fire in Lisbon (Portugal) sensed by atmospheric electric field measurements», *Air Quality Atmosphere & Health*, vol. 9, n. 3, pp. 275–283, 2016.
- [3] Enviroware, «Windrose plots from METAR data of year 2016», 2017.
[Em linha]. Disponível em:
www.enviroware.com/METAR/METAR_WindRoses_2016_maps.
[Acedido: 05-Mai-2017].
- [4] T. Gonçalves, A. R. Vieira, A. P. Afonso, e A. Ferreira, «PATH - Visualização de percursos pessoais com mapas animados em dispositivos móveis», *Inforum 7º Simpósio Nacional de Informática*, pp. 173–186, 2015.
- [5] T. Gonçalves, A. P. Afonso, e B. Martins, «Visualization techniques of trajectory data: challenges and limitations», em *Proceedings of the 2nd AGILE PhD School 2013, CEUR Workshop Proceedings 1136*, 2013.
- [6] D. Foster, «GPX: The GPS Exchange Format», 2016. [Em linha]. Disponível em: www.topografix.com/gpx.asp. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [7] Y. Zheng, «Trajectory data mining: an overview», *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, vol. 6, n. 3, p. 29:1-29:41, 2015.
- [8] M. E. Ronke e D. G. Krementz, «Changes in distribution of Canada geese nesting in Arkansas», *Human–Wildlife Interactions*, vol. 9, n. 1, pp. 101–109, 2015.
- [9] J. Gill e D. Hangartner, «Circular data in political science and how to handle it», *Political Analysis*, vol. 18, n. 3, pp. 316–336, 2010.
- [10] Lakes Environmental Software, «WRPLOT», 2015. [Em linha]. Disponível em: www.weblakes.com/products/wrplot. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [11] WebMET, «Alabama Scram Surface Met Data», 2002. [Em linha]. Disponível em: www.webmet.com/State_pages/SURFACE/03881_sur.htm. [Acedido: 21-Mai-2017].
- [12] Advanced Software Engineering Ltd, «ChartDirector», 2015. [Em linha].

- Disponível em: www.advsofteng.com. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [13] A. Viklund, «JFreeChart», 2014. [Em linha]. Disponível em: www.jfree.org/jfreechart/. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [14] Oracle, «Java 2D API», 2015. [Em linha]. Disponível em: www.oracle.com/us/technologies/java/2d-142228.html. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [15] Google, «Google Maps API», 2016. [Em linha]. Disponível em: developers.google.com/maps/. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [16] Plotly, «Plotly.js - JavaScript library», 2015. [Em linha]. Disponível em: plot.ly/javascript/. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [17] Highcharts, «Highcharts.js - JavaScript library», 2016. [Em linha]. Disponível em: www.highcharts.com/. [Acedido: 11-Jul-2017].
- [18] PixiJS Team and Mat Groves, «Pixi.js - JavaScript library», 2016. [Em linha]. Disponível em: www.pixijs.com/. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [19] M. Bostock, «Data-Driven Documents (D3.js) - JavaScript library», 2015. [Em linha]. Disponível em: d3js.org/. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [20] W3schools, «HTML5 Canvas», 1998. [Em linha]. Disponível em: www.w3schools.com/html/html5_canvas.asp. [Acedido: 17-Jul-2017].
- [21] W3schools, «HTML5 SVG», 1998. [Em linha]. Disponível em: www.w3schools.com/html/html5_svg.asp. [Acedido: 17-Jul-2017].
- [22] W3schools, «HTML DOM», 1998. [Em linha]. Disponível em: www.w3schools.com/js/js_htmlDOM.asp. [Acedido: 21-Mai-2017].
- [23] The jQuery Foundation, «jQuery - JavaScript library», 2016. [Em linha]. Disponível em: jquery.com/. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [24] J. Skinner, «Sublime Text 2», 2013. [Em linha]. Disponível em: www.sublimetext.com/2. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [25] Google, «Google Chrome», 2016. [Em linha]. Disponível em: www.google.com/chrome/browser/desktop/index.html. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [26] Git, «Git», 2017. [Em linha]. Disponível em: git-scm.com/. [Acedido: 23-Mai-2017].
- [27] R Foundation, «R», 2016. [Em linha]. Disponível em: www.r-project.org/. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [28] RStudio, «RStudio», 2016. [Em linha]. Disponível em: www.rstudio.com/. [Acedido: 12-Jul-2017].

- [29] C. Veness, «Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points». [Em linha]. Disponível em: www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html. [Acedido: 12-Jul-2017].
- [30] R. Vaz, M. Carreira, A. Ferreira, e A. Afonso, «Sistema de análise de trajetos com rosas dos ventos», *12^a Conferência ibérica de sistemas e tecnologias de informação*, pp. 806–810, 2017.

Anexos

Anexo 1 – Questionário inicial

Mestrado em Engenharia Informática — FCUL
Contacto: Mauro André Carreira, fc35991@alunos.fc.ul.pt
Agosto de 2016

Questionário inicial

Sexo:
masculino ☐
feminino ☐

Idade: _____

Profissão: ☐ estudante do ____º ano
outra ☐ _____

Qual a sua experiência de leitura de mapas no browser?

- ☐ Muita
☐ Razoável
☐ Pouca

Já tinha tido contacto com uma rosa dos ventos em mapas?

- ☐ Sim
☐ Não

Se sim, por favor indique em que contexto.

(a preencher pelo experimentador)

Experiência _____
Hora de início _____
Hora de fim _____
Data _____